



Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua

*Biological and chemical alternatives for the management of phytonematodes in plantain AAB (*Musa paradisiaca* L.) in Rivas, Nicaragua*

Trinidad Castillo-Arévalo¹

Resumen

Se evaluó el efecto de las cepas UNA de *Trichoderma spp.*, y *Paecilomyces lilacinus*, una mezcla de los dos y aplicación dirigida de Oxamil 24 SL en base del tallo, para el control de nematodos y la producción de plátano (*Musa* AAB). Se seleccionó una plantación comercial infestada con nematodos y sembrada con el cultivar CENSA ¾. Se usó un diseño de bloques completos al azar con 5 repeticiones. De cada cepa se realizaron aplicaciones mensuales de hongos fitoparásitos a 1×10^{12} durante 6 meses. El nematicida químico se aplicó sobre la superficie del suelo cada tres meses con Oxamil 24SL en la base del pseudotallo. Muestras de raíces se tomaron cada mes en cada repetición para análisis de nematodos. Se redujeron las poblaciones de nematodos en las plantas tratadas con las cepas UNA *Trichoderma spp.*, y *Paecilomyces lilacinus*. Las plantas tratadas con estas cepas mostraron mayor peso del racimo y circunferencia del tallo de la planta madre, respecto a las plantas sin esa aplicación. Las plantas tratadas con Oxamil sobre la superficie del suelo mostraron un mayor porcentaje de raíz funcional respecto al testigo. Las plantas evaluadas con Oxamil aumentaron el peso del racimo, mostraron mayor número de manos, calibración, longitud del fruto y circunferencia del tallo con respecto a las plantas sin aplicación.

Palabras clave: control biológico, *Musa* AAB, nematicida sintético, nematodos, Oxamil.

Abstract

The effect of UNA strains of *Trichoderma spp.* and *Paecilomyces lilacinus*, a mixture of the two, and a targeted application of Oxamil 24 SL on the stem base were evaluated for nematode control and banana (*Musa* AAB) production. A commercial plantation infested with nematodes and planted with CENSA ¾ Cultivar was selected. A randomized complete block design with 5 replications was used. From each strain, monthly applications of phytoparasitic fungi were made at 1×10^{12} for 6 months. Chemical nematicide was applied on the soil surface every three months with Oxamyl 24SL at the base of the pseudo stem. Root samples were taken every month in each replicate for nematode analysis. Nematode populations were reduced in plants treated with UNA *Trichoderma spp.* and *Paecilomyces lilacinus* strains. Plants treated with these strains showed higher bunch weight and stem circumference of the mother plant compared to plants without this application. Plants treated with Oxamyl on the soil surface showed a higher percentage of functional roots with respect to the control. Plants evaluated with Oxamyl increased bunch weight, and showed a higher number of hands, calibration, fruit length, and stem circumference with respect to plants without application.

Keywords: biological control, *Musa* AAB, synthetic nematicide, nematodes, Oxamyl.

¹ Magister Scientiae Sanidad Vegetal, docente investigador, Universidad Nacional Agraria. Correo: trinidad.castillo@ci.una.edu.ni. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6401-0142>

I. Introducción

En Nicaragua la severidad de patógenos que causan enfermedades en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) ha disminuido los rendimientos e ingresos que este cultivo proporciona a los productores del país, por otro lado, la seguridad alimentaria que este rubro provee se ha visto amenazada por las enfermedades que afectan a la planta y sus frutos (Castillo-Arévalo y Jiménez-Martínez, 2020).

Las pérdidas económicas provocadas por nematodos a nivel mundial se estiman en 20% (Sarah, 2000), pero en condiciones locales se han detectado pérdidas de 40 a 50% (Araya *et al.*, 1995).

Actualmente, la única alternativa rentable es la aplicación de nematicidas químicos sobre la superficie del suelo (Araya, 2004), sin embargo, se conoce sus efectos adversos sobre el ambiente y los trabajadores si se utilizan inadecuadamente. Por lo anterior, es necesaria la búsqueda de opciones más amigables con el ambiente que combatan los nematodos y mantengan la productividad de las fincas.

Dentro de las alternativas biológicas para el combate de nematodos, destacan los hongos *Trichoderma spp.*, y *Paecilomyces lilacinus*. Los hongos del género *Trichoderma spp.*, se han utilizado como biocontroladores de patógenos de plantas (Siddiqui y Shaukat, 2004), por otra parte, Pérez *et al.* (2006) indican que este hongo tiene propiedades nematicidas.

En experimentos realizados en Filipinas, con nematicida biológico a base del hongo *Paecilomyces lilacinus*, se redujeron las poblaciones de *R. similis* en áreas de renovación sembradas con plantas *in vitro* (Philip, 2005) y en plantaciones comerciales de banano con varios años de establecidas (Luth *et al.*, 2006; Philip 2007).

Experimentos realizados en plantaciones de banano en Australia (Pattison *et al.*, 2001) indican que las inyecciones con Oxamil ejercen control sobre las poblaciones de Fitonematodos. Por otra parte, Pattison y Cobon (2003) demuestran que el uso de Oxamil disminuyó las poblaciones de nematodos en raíces de banano.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de *Trichoderma spp.*, *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de Oxamil en la base del pseudotallo para el combate de nematodos y la producción de plátano (Musa AAB).

II. Revisión de literatura

Diferentes autores han escrito sobre la temática de este estudio. Algunas de sus obras son:

Manejo alternativo de Fitonematodos en banano y plátano (Pocasangre *et al.*, 2004).

Manejo integrado de nematodos del banano (Quénéhervé, 2009).

Evaluación de tres nematicidas en el control de nematodos y en la producción de banano (Musa AAA, var. Cavendish Gigante) en Costa Rica (Ramírez y Paniagua, 1988).

Efecto del nematicida-insecticida Oxamil aplicado al suelo y en las axilas de las hojas del bananero (Robalino *et al.*, 1983).

Nematodos del bananero y el platanero (Román, 1978).

Efectos de la aplicación de *Paecilomyces lilacinus* en el control de *Meloidogyne spp.*, en pepino (Romero y Trabanino, 2006).

III. Materiales y métodos

Descripción del estudio desarrollado

El estudio se llevó a cabo en la finca la Norteamérica de la Familia Pérez, en el municipio de Tola, Rivas, de febrero a agosto del 2020.

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos, uno de ellos es el testigo, *Trichoderma spp.*, y *Paecilomyces lilacinus*, una mezcla de los dos y aplicación dirigida de Oxamil 24 SL en la base del tallo, para el control de nematodos y la producción de plátano (*Musa AAB*). Se seleccionó una plantación comercial infestada con nematodos y sembrada con el cultivar CENSA ¾. Se usó un diseño de bloques completos al azar con 4 bloques y 5 repeticiones.

De cada cepa se realizaron aplicaciones mensuales de hongos fitoparásitos a 1×10^{12} durante 6 meses. El control químico se aplicó sobre la superficie del suelo cada 3 meses con Oxamil 24SL en la base del pseudotallo. Las muestras de raíces se tomaron cada mes en cada repetición para análisis de nematodos.

Tabla 1: Tratamientos del experimento

Producto Comercial	Principio Activo	Organismo	Dosis/ Ha	# Tratamiento
Trichoecol®	Trichoderma sp	Biológico	250 grs	T1
Paecilomyces lilacinus	Paecilomyces lilacinus	Biológico	250 grs	T2
Vydate® 24 SL	Oxamil	Químico	1000 mL	T3
Trichoecol® + Paecel	Trichoderma sp + Paecilomyces lilacinus	Biológico	250 grs + 250 grs	T4
Absoluto	Sin Aplicación			To

Fuente: elaboración propia

Selección de la muestra

La selección de la muestra se realizó mediante la fórmula de cálculo de muestra con población finita propuesta por Münch y Ángeles (1990), la cual se utiliza cuando se conoce el dato del universo o total de las unidades en estudio.

$$n = \frac{n N * z^2 p * q}{(N - 1) e^2 + z^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población universo

Z = Nivel de confiabilidad del 95%

P = Estimación proporcional de la población

Q = (1-P)

E = Error estándar de la muestra, 5% (0.05)

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental con distribución de Bloques Completamente al Azar (BCA), con 4 repeticiones de cada tratamiento, cada bloque tuvo 5 unidades experimentales, para un área de 783.2 m² por bloque.

La unidad experimental tenía un largo de 71.2 m, un ancho de 65.33 m.

La distancia entre cada unidad experimental era de 10.3 m, la distancia entre bloques es de 16.16 m y el área experimental una ronda de 6.4 m de ancho y 9.13 m de largo en el perímetro, establecida en un área comercial.

Las poblaciones de nematodos fueron extraídas de raíces de cultivo de plátano y procesadas en el laboratorio de nematología de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Análisis estadístico de los datos

Después de colectados los datos, estos fueron arreglados por variables en una tabla de Excel, luego cada variable fue comparada entre tratamientos, efectuando un análisis de varianza, utilizando el programa de InfoStat (2020). El nivel de significancia usado en el análisis fue de ($p = 0.05$).

IV. Resultados y discusión

Tabla 2. Análisis de varianza del porcentaje de efectividad de hongos entomopatógenos sobre poblaciones de nematodos en cultivo de plátano

Tratamiento	Nematos iniciales	Pratylenchus spp	Nematos iniciales	Scutellonema spp	Nematos iniciales	Helicotylenchus spp
		Media±ES				Media ±ES
Testigo	220	212±11.16. c	300	268±17.19 c	900	900±16.89 c
Pae	234	61.0±11.16. ab	305	113.0±17.19 ab	895	165.6±16.89 a
Tricho	222	73.0±11.16b	298	145.0±17.19 ab	882	305.0 ±16.89 ab
Pae+Tricho	218	49.0±11.16ab	309	77.0±17.19 a	903	78.6±16.89 a
Oxamil	218	38.0±11.16 ^a	328	112.0±17.19 a	911	88.20±16.89 a
C.V.		12.65		13.76		13.18
p-valor		0.0001		0.0001		0.0001
F; df; n		11.08; 19; 20		18.90; 19; 20		14.58; 19; 20

ES=Error estándar; DS=Diferencia Significativa; C.V.=Coeficiente de Variación; p=Probabilidad, F=Fisher calculado; df=Grados de libertad del error; n=Número de datos utilizados en el análisis. *Medias con letras distintas: existe diferencias significativas.

Fuente: elaboración propia

Comparación del promedio de nemátodos (*Pratylenchus spp*). En el análisis de la varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$). De manera general, se observa que Oxamil tuvo mejor control sobre las poblaciones de nematodos con (17.43%), seguido por la mezcla *Paecilomyces+Trichoderma* (22.47%); continuó el bioformulado a base de *Paecilomyces* (26.06%) y *Trichoderma* (32.88%).

Comparación del promedio de nemátodos (*Scutellonema spp*). En el análisis de la varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$). De manera general, se observa que la mezcla de *Paecilomyces+Trichoderma* tuvo mejor control sobre los nematodos con (24.91%), seguido por la Oxamil (34.14%); continuó el bioformulado a base de *Paecilomyces* (37.05%) y *Trichoderma* (48.65%).

Comparación del promedio de nemátodos (*Helicotylenchus spp.*). En el análisis de la varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$). De manera general, se observa que la mezcla de *Paecilomyces*+*Trichoderma* tuvo mejor control sobre los fitonematodos con (8.7%), seguido por la Oxamil (9.68%); continuó el bioformulado a base de *Paecilomyces* (18.44%) y *Trichoderma* (34.68%).

Vargas y Wang (2010) en su investigación Evaluación de cepas de *Trichoderma spp.* y *Paecilomyces lilacinus* para el combate de nematodos en plantas de banano en etapa de vivero, además Vargas y Salas (2009) en su estudio Efecto de la aplicación individual o en mezcla de hongos con potencial nematófago en el combate de *Radopholus similis* en condiciones in vitro, invernadero y campo; aplicaron *Trichoderma spp.*, y *P. lilacinus* en plantaciones de banano infestadas con *R. similis* y no lograron combatir a este nematodo. Siendo diferente a los resultados de esta investigación debido a que estos mismos hongos tuvieron efecto antagonista sobre poblaciones de *Pratylenchus ssp.*, *Scutellonema ssp* y *Helicotylenchus spp.*

Los resultados de la investigación de Quénéhervé (2009) en su estudio Manejo integrado de nematodos del banano, indican que aplicaciones de *P. lilacinus* en plantaciones muy infestadas con *R. similis*, *P. coffeae* y *M. arenaria*, no mostraron ningún efecto sobre las poblaciones de nematodos ni el rendimiento del plátano, discrepando de este estudio en donde se encontró la capacidad que tienen estos hongos *Hypocreales* sobre poblaciones de Fitonematodos.

Se reporta que *P. lilacinus* parasita huevos juveniles y adultos de nematodos. Kunert *et al.* (1987), en su estudio Actividad proteolítica de hongos ovicidas del suelo comprueba la disminución de poblaciones de Fitonematodos en las aplicaciones de la mezcla del bioformulado de *Paecilomyces*+*Trichoderma* al igual que en esta investigación.

Tabla 3: Análisis de varianza de variables de producción de plantas de plátano

	Peso del racimo (Kg)	Diámetro del tallo (Cm)	Peso de raíces(g)
Tratamiento	Media±ES	Media ±ES	
Testigo	7.94±17.19 b.	67.0±5.69 c	96.45±14.33 b
Pae	22.43±17.19 a	78.0±5.69 b	123.6±14.33 a
Tricho	23.63±17.19 a	81.0±5.69 a	114.7±14.33 a
Pae+Tricho	25.28±17.19 a	84.4±5.69 a	125.4±14.33 a
Oxamil	20.35±17.19 a	82.0±5.69 a	126.15±14.33 a
C.V.	13.24	10.15	8.24
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001
F; df; n	13.78; 19; 20	14.12;19;20	10.22; 19; 20

ES=Error estándar; DS=Diferencia Significativa; C.V.=Coeficiente de Variación; p=Probabilidad, F=Fisher calculado; df=Grados de libertad del error; n=Número de datos utilizados en el análisis. *Medias con letras distintas: existe diferencias significativas.

Fuente: elaboración propia

Comparación del promedio del peso de los racimos

En el análisis de la varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$). De manera general se observó que el tratamiento *T. harzianum* + *P. lilacinus* tuvo mejores resultados en el peso con un promedio de (25.28 kg), seguido por *Trichoderma* con (23.63 kg), *Paecilomyce* (22.43 kg), y por último el químico (20.35 kg).

Comparación del promedio del diámetro del tallo

En el análisis de la varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$). De manera general la se observó que el tratamiento *T. harzianum* + *P. lilacinus* tuvo mejores resultados en la circunferencia de tallo con promedio de (84.4 cm), seguido el tratamiento químico (82 cm) luego *Trichoderma* con (81 cm), siguiendo por *Paecilomyce* (78 cm).

Comparación del promedio del peso de raíces

En el análisis de la varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$). De manera general la se observó que el tratamiento químico tuvo mejores resultados en el peso con un promedio de (126.15g), seguido por *T. harzianum* + *P. lilacinus* (125.4 g) que se observó raíces sanas y vigorosas, luego *Paecilomyce* (123.6 g) y *Trichoderma* con (114.7).

Dackman *et al.* (1989), en su estudio Parasitismo fúngico del nematodo del quiste *Heterodera schachtii*: infección y actividad enzimática y Park *et al.* (2004), en su investigación Producción de Leucinostatinas y actividad nematicida de aislamientos australianos de *Paecilomyces lilacinus* demuestran que *Trichoderma spp.*, reduce las poblaciones de nematodos por parasitismo y por inducción de la resistencia sistémica adquirida, coincidiendo con los resultados de esta investigación.

Pattison *et al.* (2001) en su estudio Manejo de nematodos barrenadores en banano usando inyección de pseudotallo de Vydate® L, afirman que se redujeron las poblaciones de *R. similis* con aplicaciones de nematicida inyectado en el pseudotallo. Lo anterior coincide con los resultados de esta investigación.

Fallas (2009) en su investigación Una opción promisorio para combate de nematodos en banano indica que al inyectar el Oxamil en el pseudotallo, se obtuvo una altura entre 0,6 y 1,2 m por planta, coincidiendo con los resultados de esta investigación, donde se aumentó el diámetro del tallo al usar esta sustancia química.

V. Conclusiones

Los hongos Hypocreales cepas UNA demostraron en campo buen potencial para el control de *Pratylenchus ssp*, *Scutellonema ssp* y *Helicotylenchus*. Los porcentajes obtenidos de mortalidad y antagonismo contra nematodos son equivalentes a los resultados de estudios encontrados con otro tipo de nematodos, se logró determinar la mortalidad y parasitismo de los nematodos en las cepas evaluadas.

Con los resultados de esta investigación se comprueba que el uso de hongos entomopatógenos aumenta el crecimiento de la planta, mayor producción de raíces y por ende mayor rendimiento de los frutos en cuanto a tamaño y peso del racimo.

Se demuestra que al usar nematicidas químicos y hongos entomopatógenos los resultados obtenidos son similares en cuanto al desarrollo de variables de crecimiento, producción y control de Fitonematodos, por lo que se recomienda el uso de estos últimos debido a que no son agresivos para la salud y el medio ambiente.

Se demuestra que al utilizar nematicida químico las poblaciones son casi nulas después de la aplicación, pero después de 60 a 90 días vuelven a reaparecer, mientras que con los tratamientos con bioplaguicidas los umbrales económicos y su punto general de equilibrio se mantienen bajos, sin causar pérdidas al cultivo, se observa que las esporas siguen parasitando y teniendo control de las poblaciones de Fitonematodos por mucho más tiempo que el nematicida químico, aun las nuevas generaciones que al momento de la aplicación estaban en huevo.

Agradecimientos

El autor de esta investigación agradece a la Universidad Nacional Agraria y a la empresa D'La granja, por la financiación económica de este estudio.

VI. Lista de referencias

- Araya, M., Centeno, M., y Carrillo, W. (1995). Densidades poblacionales y frecuencia de los nematodos parásitos de banano (*Musa AAA*) en nueve cantones de Costa Rica. *CORBANA*, 20(43), 6-11.
- Araya, M. (2004). *Situación actual del manejo de nematodos en banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el trópico americano*. En G. Rivas y F. Rosales (Eds.). Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos (pp. 79-102).
- Castillo-Arévalo, T., y Jiménez-Martínez, E. (2020). Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *La Calera*, 20(35). <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10319>
- Dackman, C., Chet, I., & Nordbring-Hertz, B. (1989). Fungal parasitism of the cyst nematode *Heterodera schachtii*: infection and enzymatic activity. *FEMS Microbiology Ecology*, 5(3), 201-208.
- Fallas, G. (2009). *Una opción promisoriosa para combate de nematodos en banano*. XXXI Reunión anual de la Organización de Nematólogos de los trópicos americanos.
- Kunert, J., Zemek, J., Augustin, J., & Kuniak, L. (1987). Proteolytic activity of ovicidal soil fungi. *BIOLOGIA(BRATISL.)*, 42(7), 695-705.
- Luth, P., Mendoza, A., & Philip, G. (2006). *The biological nematocide Bioact and its efficacy in banana production*.
- Münch, L., y Ángeles, E. (1990). *Métodos y técnicas de investigación*. Trillas.
- Park, J. O., Hargreaves, J. R., McConville, E. J., Stirling, G. R., Ghisalberti, E. L., & Sivasithamparam, K. (2004). Production of leucinostatins and nematocidal activity of Australian isolates of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Letters in Applied Microbiology*, 38(4), 271-276.
- Pattison, A. B., Versteeg, C. A., Mcquinn, D. J., Matthews, N. J., Farnsworth, W., & Piper, R. (2001). *Management of burrowing nematodes in bananas using pseudostem injection of Vydate® L*.
- Pattison, A. B., & Cobon, J. A. (2003). *Integrated systems for managing nematodes on bananas*.
- Pérez, D.J., Pérez N.C., Acosta O., Gandarilla H., Pérez A., Rodríguez R.C., Basterrechea M., Fernández E., Estefanova M., Robaina N., Olivares N., Santana T., González M., Lluvides J., Devesa L.J., Gutiérrez E., & Andreu C. (2006). *Trichoderma, alternativa para el control biológico de nematodos en el marco de una agricultura sostenible*.
- Pocasangre, L.E., Zum Felde, A., Meneses, A., Cañizares, C., Riveros, AS., Rosales, F.E., y Sikora, R. (2004). *Manejo alternativo de fitonematodos en banano y plátano [sesión de conferencia]*. XVI Reunión Internacional Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el Caribe y la América Latina (ACORBAT). Santa Catarina, Brasil.
- Philip, G. M. (2005). *Final report on the third nursery trial of BioAct®WG on banana plantlets in Calinan, The Philippines*.
- Philip, G. M. (2007). *The Compostela Bioact®WG demonstration farm*. Summary of results and conclusions.
- Quénehervé, P. (2009). *Integrated management of banana nematodes*. En A. Ciancio & K.G. Mukerji. (Eds.). Integrated management of fruit crops and forest nematodes (pp. 3-45).

- Ramírez, A., y Paniagua, R. (1988). *Evaluación de tres nematocidas en el control de nematodos y en la producción de banano (Musa AAA, var. Cavendish Gigante) en Costa Rica.*
- Robalino, G., Román, J., y Cordero, M. (1983). Efecto del nematocida-insecticida oxamil aplicado al suelo y en las axilas de las hojas del bananero. *Nematropica*, 13(2), 135-143.
- Román, J. (1978). *Nematodos del bananero y el platanero.* En J. Román (ed.). *Fitonematología tropical* (pp. 137-153).
- Romero, D., y Trabanino, R. (2006). *Efectos de la aplicación de Paecilomyces lilacinus en el control de Meloidogyne spp., en pepino.*
- Sarah, J. L. (2000). *Nematode pathogens, burrowing nematode.* En D. R. Jones (ed.). *Diseases of banana, abacá and Enset* (pp. 295-303). CABI Publishing.
- Siddiqui, I., & Shaukat, S. (2004). *Trichoderma harzianum* enhances the production of nematicidal compounds in vitro and improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Pseudomonas fluorescens* in tomato. *Letters in Applied Microbiology*, (38), 169- 175.
- Vargas, R., y Salas, E. (2009). *Efecto de la aplicación individual o en mezcla de hongos con potencial nematófago en el combate de Radopholus similis en condiciones in vitro, invernadero y campo (No. Hc).*
- Vargas, R., y Wang Wong, A. (2010). *Evaluación de cepas de Trichoderma spp. y Paecilomyces lilacinus para el combate de nematodos en plantas de banano (Musa AAA, CV. Grande naine) en etapa de vivero (No. Hc).*