

ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Efectos de control biológico y químico sobre nemátodo barrenador (*Radopholus similis*) en el cultivo de banano

Effects of biological and chemical control on the banana stem nematode (*Radopholus similis*) in banana cultivation

Omar Ivan Brunis Velásquez¹, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1723-3113>

José Luis Valarezo Perugachi², ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1285-8477>.

Javier Alberto Landívar Lucio³, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1157-2672>

Alejandro Jair Coello Mielles⁴, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7120-7060>

José Luis Terán Moreno⁵, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5963-167X>

¹ormarbrunis@hotmail.com; Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

²Jose-Valarezo-1386@outlook.com; Empresa Agrop"Key" Representante Técnico Comercial Zona Los Ríos Norte y Sur

³javierlandivar9@hotmail.com; Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

⁴jaircoello1968@gmail.com; Compañía Azsulaza, Ecuador

⁵joseoteran19@gmail.com; Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

* **Autor correspondencia:** ormarbrunis@hotmail.com

Recibido: 07/mayo/2026

Aprobado: 06/junio/2026

Publicado: 15/junio/2026

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del control biológico y químico sobre el nematodo barrenador (*Radopholus similis*) en el cultivo de banano. Se evaluaron seis tratamientos: *Bacillus subtilis* (100 g/ha), *Paecilomyces lilacinus* (100 g/ha), *P. lilacinus* + *B. subtilis* (60+60 g/ha), *P. lilacinus* + *Trichoderma harzianum* (60+60 g/ha), el nematicida químico Cadusafos (Rugby®) a 35 kg/ha y un testigo absoluto. El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental cuadrado latino con seis tratamientos y seis repeticiones, utilizando

plantas de banano en estado de prefloración. Las variables evaluadas fueron: densidad poblacional de *R. similis*, porcentaje de raíces sanas, incremento de diámetro y altura del pseudotallo, número de hojas funcionales en secuencia y número de yemas en pronta. Los resultados mostraron que el tratamiento biológico combinado *P. lilacinus* + *T. harzianum* (tratamiento 4) redujo la densidad poblacional de *R. similis* de 3083 a 1083 nematodos/100 g de raíz, y presentó los mejores valores morfológicos: 91.67% de raíces sanas, 7.93 hojas funcionales y 2.67 yemas en pronta. Sin embargo, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

entre los tratamientos (Tukey, $p > 0.05$). A pesar de ello, los resultados sugieren que los tratamientos biológicos, especialmente la combinación de *P. lilacinus* y *T. harzianum*, representan una alternativa prometedora y sostenible para el manejo de *R. similis* en el cultivo de banano, aunque se requieren estudios adicionales con mayor poder experimental para confirmar su eficacia.

Palabras clave: control biológico, manejo integrado, *Radopholus similis*, nematicidas, raíces.

Abstract

This research aimed to determine the effect of biological and chemical control on the banana stem nematode (*Radopholus similis*) in banana cultivation. Six treatments were evaluated: *Bacillus subtilis* (100 g/ha), *Paecilomyces lilacinus* (100 g/ha), *P. lilacinus* + *B. subtilis* (60+60 g/ha), *P. lilacinus* + *Trichoderma harzianum* (60+60 g/ha), the chemical nematicide Cadusafos (Rugby®) at 35 kg/ha, and an untreated control. The study was conducted using a Latin square experimental design with six treatments and six replicates, using banana plants in the pre-flowering stage. The variables evaluated were: *R. similis* population density, percentage of healthy roots, increase in pseudostem diameter and height, number of functional leaves in sequence, and number of buds ready to open. The results showed that the combined biological treatment of *P. lilacinus* + *T. harzianum* (treatment 4) reduced the population density of *R. similis* from 3083 to 1083 nematodes/100 g of root and exhibited the best morphological values: 91.67% healthy roots, 7.93 functional leaves, and 2.67 buds

ready for budding. However, statistical analysis did not detect significant differences between treatments (Tukey, $p > 0.05$). Nevertheless, the results suggest that biological treatments, especially the combination of *P. lilacinus* and *T. harzianum*, represent a promising and sustainable alternative for managing *R. similis* in banana cultivation, although further studies with greater experimental power are needed to confirm their efficacy.

Keywords: biological control, integrated management, *Radopholus similis*, nematicides, roots.

Introducción

Los nematodos constituyen la afectación más significativa para el desarrollo de las raíces y cormos en la plantación de banano, con un impacto incluso mayor que el de las sigatocas negra y amarilla. Son el organismo fitoparásito de mayor impacto en los cultivos de banano, pudiendo causar la pérdida completa de la plantación si no se implementan manejos adecuados (Guzmán, 2020).

En Ecuador, los nematodos afectan diversas plantaciones, reduciendo la producción en cualquier etapa del año e influyendo en la vida útil de la planta debido a la menor absorción de agua, lo que ocasiona pérdida de peso en el racimo (Aguirre et al., 2021). A nivel mundial, se estima que los nematodos pueden generar pérdidas de hasta el 38% de la producción bananera (Durán & Guzmán, 2020). Guzmán (2020) señala que los nematodos reducen la



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

absorción de agua a través de las raíces y crean un desequilibrio de macro y micronutrientes.

Los nematodos habitan en el suelo y se alimentan de tejidos vivos, a los cuales penetran a través de las raíces (Mendoza, 2021). Rodríguez (2019) indica que viven en zonas habitables de otros organismos, obteniendo nutrientes de su hospedador. Entre las especies más dañinas, Gonzales (2021) destaca al nematodo barrenador (*Radopholus similis*) como el de mayor importancia en los sectores bananeros de la región.

R. similis es un endoparásito migratorio que penetra y se desplaza dentro de las raíces del banano, causando lesiones necróticas que afectan la absorción de agua y nutrientes. Esto debilita la planta, reduce su crecimiento y puede provocar su volcamiento, especialmente durante la fructificación (Haegeman et al., 2019). Las infestaciones severas pueden reducir el rendimiento entre un 30% y un 60%, y en casos extremos, hasta el 100% en cultivares como Cavendish en Brasil, afectando directamente la economía de los países productores (Medina, 2020).

El control de *R. similis* requiere un enfoque integrado que combine prácticas culturales, uso de nematicidas, control biológico con hongos como *Trichoderma* spp. y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), así como el uso de material de

siembra libre de nematodos (Valarezo, 2022). El control químico emplea nematicidas como los organofosfatos y carbamatos, que actúan directamente en el suelo causando la muerte de los nematodos (Agrios, 2019). Sin embargo, estos productos suelen tener un impacto ambiental negativo y no siempre son efectivos a largo plazo (Cisneros, 2020). Bustamante (2019) reportó que las aplicaciones de agroquímicos pueden controlar la infestación durante 45 a 90 días, pero su uso continuo genera resistencia y afecta la salud del suelo.

El control biológico, en cambio, ofrece una alternativa sostenible al mantener el equilibrio ecológico y reducir el impacto ambiental (Pacheco, 2019). Diversos estudios han evaluado el potencial de microorganismos antagonistas. Verdesoto (2018) demostró que *Bacillus subtilis* inhibe la eclosión de huevos y causa alta mortalidad en juveniles de *R. similis*. Valencia et al. (2019) encontraron que la aplicación de *B. subtilis* reduce significativamente la población del nematodo y mejora el crecimiento de plántulas. Pita (2023) comparó *B. subtilis* con *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus*, observando que *Paecilomyces* mostró el mejor control, aunque *B. subtilis* también contribuyó a la reducción poblacional y al desarrollo saludable de las plantas.



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Chamorro (2023) evaluó bioformulados bacterianos con cepas de *B. subtilis*, reportando reducciones significativas en la población de *R. similis* y mejoras en los parámetros de crecimiento. Mendoza & Sikora (2019) demostraron que la cepa 251 de *P. lilacinus* (6×10^6 UFC/g de suelo), aplicada tres veces, logró una supresión significativa del nematodo. Kilama et al. (2007) evaluaron 23 aislamientos de *Paecilomyces* spp., siendo *P. lilacinus* el más abundante y eficaz, causando parálisis reversible en machos y juveniles de *R. similis*. La combinación de *Fusarium oxysporum* y *P. lilacinus* redujo la densidad de *R. similis* en un 68.5%, mientras que la aplicación individual de *P. lilacinus* logró una reducción del 54.8% (Mendoza & Sikora, 2019).

Asimismo, hongos del género *Trichoderma* han mostrado actividad nematicida. Ugalde et al. (2023) evaluaron in vitro la capacidad de *T. asperellum* contra *R. similis*, observando reducciones significativas de la población. Menjivar (2021) reportó que la inoculación con *T. atroviride* reduce la población del nematodo y promueve el crecimiento de plantas de banano en Costa Rica. Morales (2020) encontró que combinaciones de hongos endofíticos, incluyendo *F. oxysporum* y *T. atroviride*, lograron un biocontrol del 72%, similar al testigo químico, demostrando el efecto aditivo y/o sinérgico de estos organismos.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del control biológico y químico sobre el nematodo barrenador en la secuencia de la unidad de producción en el cultivo de banano. Se hipotetiza que los tratamientos biológicos, especialmente la combinación de *P. lilacinus* y *T. harzianum*, reducen significativamente la densidad poblacional de *R. similis* y mejoran los parámetros morfológicos en comparación con el nematicida químico Cadusafos y el testigo absoluto. Para ello, se evaluaron seis tratamientos: *Bacillus subtilis* (100 g/ha), *Paecilomyces lilacinus* (100 g/ha), *P. lilacinus* + *B. subtilis* (60+60 g/ha), *P. lilacinus* + *Trichoderma harzianum* (60+60 g/ha), Cadusafos (Rugby®) a 35 kg/ha y un testigo sin control.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en una hacienda bananera ubicada en el sector Monte Redondo, perteneciente al Cantón Baba, provincia de Los Ríos, Ecuador. El ensayo tuvo una duración de 5 meses.

Se emplearon métodos teórico-científicos, utilizando técnicas analíticas y experimentales, donde se evaluó la aplicación de dos bionematicidas (hongos y bacterias), un hongo antagonista y un nematicida químico, con el fin de identificar qué tratamiento representa un mayor control contra el nematodo *Radopholus similis*. Los tratamientos se describen en la Tabla 1.



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Tabla 1. Tratamientos

Tratamientos	Productos	Patógenos	Dosis/ha
1	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Radopholus similis</i>	100 g
2	<i>P. lilacinus</i> + <i>B. subtilis</i>	<i>Radopholus similis</i>	60 g + 60 g
3	<i>P. lilacinus</i>	<i>Radopholus similis</i>	100 g
4	<i>P. lilacinus</i> + <i>T. harzianum</i>	<i>Radopholus similis</i>	60 gr + 60 g
5	Rugby.	<i>Radopholus similis</i>	35 kg
6	Testigo absoluto	<i>Radopholus similis</i>	--

Manejo del ensayo

La población de estudio fue finita, constituida por 36 unidades experimentales distribuidas en forma cuadrada dentro del área experimental, desde las cuales se evaluaron las diferentes variables. Se utilizó el diseño experimental cuadrado latino con seis tratamientos y seis repeticiones. Cada unidad experimental estuvo representada por una planta en estado de prefloración, seleccionada dentro del área experimental. Los análisis se realizaron al 5% de probabilidad de error tipo I ($p < 0.05$) mediante la versión estudiantil del software InfoStat, previa constatación de la normalidad y homocedasticidad de los datos.

Los tratamientos se aplicaron al suelo en el área radicular, con una frecuencia de 30 días, durante los 5 meses del ensayo. El riego se aplicó de manera continua de acuerdo con las recomendaciones de la empresa comercializadora de fruta. La fertilización se realizó de forma continua según los programas de fertilización de la finca. Las demás labores culturales se realizaron de manera habitual, identificando las plantas muestreadas mediante pintura.

Variables evaluadas

Raíces sanas

Esta variable se midió en cada una de las unidades experimentales, realizando una perforación a 30 cm de la secuencia (planta hijo). La perforación tuvo un ancho de 20 cm, una longitud de 30 cm y una profundidad de 30 cm, desde la cual se separaron todas las raíces y se cuantificaron las raíces sanas. El dato se reportó como porcentaje de raíces sanas con relación al peso total, utilizando una balanza digital (g).

Densidad poblacional de *R. similis*

Los niveles poblacionales de nematodos en las raíces se determinaron por el método de “Licuado – Tamizado”. Para el efecto, se cortaron las raíces (sanas + dañadas) en pedazos de 1 cm, se pesaron 25 g y se licuaron con 100 mL de agua durante 20 segundos. El licuado se pasó por tres tamices colocados de arriba hacia abajo (No. 60, 100 y 400). El sedimento que quedó en el tamiz No. 400 se colectó en un vaso graduable con ayuda de una piseta y se aforó a 100 mL. Esta solución se agitó con una bomba de aire y, con una pipeta, se extrajeron 2 mL que se depositaron en una cámara contadora de nematodos para identificar y cuantificar el número de nematodos existentes. Finalmente, la densidad poblacional se determinó mediante cálculos matemáticos y se reportó en nematodos/100 g de raíz.

Incremento del diámetro

Esta variable se midió en la secuencia de cada unidad experimental, tomando el diámetro al inicio y al final del ensayo para definir el incremento. Se utilizó un calibrador (cm), tomando las lecturas a 100 cm desde el suelo en



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

cada una de las plantas, tanto al inicio como al final.

Incremento de la altura

En la misma secuencia de cada unidad experimental, se tomó la altura inicial y final del ensayo para establecer los incrementos. Se utilizó un flexómetro (cm).

Número de hojas funcionales en secuencia

Se realizó en cada uno de los tratamientos mediante el conteo de las hojas funcionales, adicionando el estado del cartucho (futura hoja enrollada), el cual presentó cinco estados fisiológicos (0.2, 0.4, hasta 1 hoja).

Número de yemas en secuencia

Se contó y registró la cantidad de yemas visibles con un desarrollo fisiológico determinado (5 cm de brote).

Resultados y Discusión

Raíces sanas

En la Tabla 2 se presentan los resultados de raíces afectadas y sanas. El tratamiento 4 (*P. lilacinus* + *T. harzianum*) presentó el mayor porcentaje de raíces sanas (91.67%) y el menor de raíces afectadas (8.33%), seguido del tratamiento 3 (*P. lilacinus* solo) con 87.98% de raíces sanas. El testigo mostró el menor porcentaje de raíces sanas (61.65%) y el mayor de raíces afectadas (41.68%). Es importante señalar que, aunque se observaron diferencias numéricas, el análisis estadístico (Tukey, $p > 0.05$) no detectó diferencias significativas entre tratamientos, como lo indican las letras iguales ("a") en todas las medias.

Los coeficientes de variación fueron altos (98.83% para raíces afectadas y 26.26% para raíces sanas), lo que refleja la variabilidad inherente a los experimentos de campo con nematodos. El mayor porcentaje de raíces sanas

obtenido con el tratamiento 4 (91.67%) sugiere que la combinación de *P. lilacinus* y *T. harzianum* podría estar ejerciendo un efecto protector sobre el sistema radicular, probablemente a través de mecanismos de antagonismo y competencia por nutrientes. Este comportamiento coincide con lo señalado por Vargas (2015), quien recomendó el uso alternado de métodos biológicos y químicos para el control de nematodos, considerando la variabilidad de las condiciones del suelo. En los tratamientos donde se utilizó *Trichoderma* se evidenció una mejora en el desarrollo radicular, lo cual es consistente con lo reportado por Martínez (2013), quien destacó la importancia de la selección de hongos antagonistas para el control biológico de nematodos. Sin embargo, la falta de diferencias estadísticamente significativas indica que se requieren más estudios con mayor poder experimental para confirmar esta tendencia. El alto CV en raíces afectadas (98.83%) sugiere una distribución heterogénea del daño radicular dentro del ensayo, lo cual es común en estudios de campo con nematodos debido a su distribución agregada en el suelo.

Tabla 2. Raíces afectadas y sanas

Nº	Tratamiento	Raíces afectadas (%)	Raíces sanas (%)
1	<i>Bacillus subtilis</i> (100 g)	23.62 a	76.38 a
2	<i>P. lilacinus</i> + <i>B. subtilis</i> (60+60 g)	21.38 a	78.62 a
3	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (100 g)	12.02 a	87.98 a
4	<i>P. lilacinus</i> + <i>T. harzianum</i> (60+60 g)	8.33 a	91.67 a
5	Cadusafos (Rugby®) (35 kg)	22.22 a	77.78 a
6	Testigo	41.68 a	61.65 a
	C.V.	98.83%	26.26 %

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$).



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Densidad poblacional de *R. similis*

En la Tabla 3 se presentan los resultados de densidad poblacional de *R. similis* (inicial y final) para cada tratamiento. El tratamiento 4 (*P. lilacinus* + *T. harzianum*) mostró la mayor reducción numérica, disminuyendo de 3083.33 a 1083.33 nematodos/100 g de raíz (una reducción de 2000 nematodos). El tratamiento químico (Cadusafos, T5) mantuvo una densidad constante (916.67 nematodos/100 g de raíz), mientras que el testigo (T6) presentó la mayor densidad inicial y final (15333.33 y 9083.33, respectivamente). El análisis estadístico (Tukey, $p > 0.05$) no detectó diferencias significativas entre tratamientos, como lo indican las letras iguales ("a") en todas las medias. El coeficiente de variación de la densidad final fue de 44.12%, ajustado mediante transformación logarítmica para estabilizar varianzas. La reducción numérica de la densidad poblacional de *R. similis* observada en el tratamiento 4 (de 3083.33 a 1083.33 nematodos/100 g de raíz) sugiere que la combinación de *P. lilacinus* y *T. harzianum* tiene un efecto supresor sobre el nematodo. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Mendoza & Sikora (2019), quienes demostraron que la cepa 251 de *P. lilacinus* logró una supresión significativa de *R. similis* en plantas de banano. Asimismo, Kilama et al. (2007) evaluaron 23 aislamientos de *Paecilomyces* spp., siendo *P. lilacinus* el más abundante y eficaz, causando parálisis reversible en machos y juveniles de *R. similis*. Sin embargo, la falta de diferencias estadísticamente significativas sugiere que la variabilidad entre unidades experimentales fue alta, lo que limita la capacidad de detectar diferencias reales. Esto podría deberse a la distribución agregada de los nematodos en el

suelo, un fenómeno común en estudios de campo. La transformación logarítmica aplicada fue necesaria para cumplir con los supuestos del ANOVA y estabilizar las varianzas, lo cual es una práctica estándar en nematología.

Tabla 3. Densidad poblacional de *R. similis* (inicial y final)

Nº	Tratamiento/ha	Densidad inicial	Densidad final
1	<i>Bacillus subtilis</i> (100 g)	3100.00 a	2416.67 a
2	<i>P. lilacinus</i> + <i>B. subtilis</i> (60+60 g)	3416.67 a	9916.67 a
3	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (100 g)	11083.33 a	4333.33 a
4	<i>P. lilacinus</i> + <i>T. harzianum</i> (60+60 g)	3083.33 a	1083.33 a
5	Cadusafos (Rugby®) (35 kg)	916.67 a	916.67 a
6	Testigo	15333.33 a	9083.33 a
C.V.			44.12%

El C.V. reportado corresponde a la densidad poblacional final después de la transformación logarítmica. Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$).

Efecto de los tratamientos en la morfología del banano

En la Tabla 4 se presentan los efectos de los tratamientos sobre las variables morfológicas del banano. En cuanto al incremento del diámetro del pseudotallo, el testigo (T6) mostró el mayor incremento (7.33 cm), mientras que el tratamiento 4 (*P. lilacinus* + *T. harzianum*) presentó el menor (2.00 cm). Este resultado es atípico, ya que se esperaría que el testigo, al no tener control de nematodos, presentara un menor crecimiento. Una posible explicación es que las plantas del testigo partieron de un diámetro inicial menor, lo que permitió un mayor crecimiento relativo por compensación; alternativamente, la presión de nematodos durante el ensayo podría no haber sido suficientemente alta para afectar el crecimiento



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

del pseudotallo. Esta variable registró un coeficiente de variación de 102.66%, reflejando una gran variabilidad en el crecimiento inicial de las plantas, lo que pudo enmascarar los efectos de los tratamientos. En cuanto al incremento de altura, el tratamiento 2 (*P. lilacinus* + *B. subtilis*) presentó el mayor valor (1.22 m), seguido del tratamiento químico (1.19 m) y el testigo (1.08 m), aunque sin diferencias significativas (letras "a"). El coeficiente de variación fue de 25.97%, considerado aceptable para experimentos de campo. Esta tendencia sugiere que la combinación de hongos y bacterias antagonistas podría estar promoviendo un mejor desarrollo vegetativo, posiblemente a través de la producción de fitohormonas o la mejora en la absorción de nutrientes, coincidiendo con lo señalado por Valencia et al. (2019). Por su parte, el número de hojas funcionales fue mayor en el tratamiento 4 (*P. lilacinus* + *T. harzianum*) con 7.93 hojas, seguido del tratamiento 1 (6.67) y el tratamiento 5 (6.43), mientras que el testigo mostró 5.67 hojas. El coeficiente de variación fue de 22.24%. Este resultado sugiere un efecto positivo de la combinación de *P. lilacinus* y *T. harzianum* sobre la arquitectura de la planta, coincidiendo con lo reportado por Pita (2023), quien observó que *Paecilomyces* mejoró el desarrollo de raíces, altura y número de hojas en banano, y con Morales (2020), quien encontró que combinaciones de hongos endofíticos lograron un biocontrol del 72%. En los tratamientos donde se utilizó *Trichoderma* se evidenció una mejora en el desarrollo y crecimiento de las plantas, especialmente en condiciones de humedad del suelo, lo cual coincide con lo establecido por Martínez (2013). Finalmente, el número de yemas en pronta fue mayor en el tratamiento 4 (2.67),

seguido de los tratamientos 2 y 6 (2.50 cada uno), mientras que el tratamiento 5 presentó el menor valor (2.00). El coeficiente de variación fue de 55.73%, indicando alta variabilidad en esta variable. Este comportamiento puede explicarse por la acción nematófaga de *P. lilacinus*, que reduce el daño radicular, y el efecto protector de *T. harzianum*, que promueve el crecimiento de raíces sanas, resultados que coinciden con lo señalado por Martínez (2013) y Vargas (2015). No obstante, la falta de diferencias estadísticamente significativas (letras "a" en todas las medias) resalta la necesidad de futuros estudios con mayor poder experimental para confirmar estas tendencias.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos en la morfología del banano

N°	Tratamiento	Incremento diámetro (cm)	Incremento altura (m)	Hojas funcionales	Número de yemas
1	<i>Bacillus subtilis</i> (100 g)	2.83 a	1.12 a	6.67 a	1.67 a
2	<i>P. lilacinus</i> + <i>B. subtilis</i> (60+60 g)	4.33 a	1.22 a	6.37 a	2.50 a
3	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (100 g)	5.00 a	1.15 a	3.73 a	2.33 a
4	<i>P. lilacinus</i> + <i>T. harzianum</i> (60+60 g)	2.00 a	0.98 a	7.93 a	2.67 a
5	Cadusafos (Rugby®) (35 kg)	4.67 a	1.19 a	6.43 a	2.00 a
6	Testigo	7.33 a	1.08 a	5.67 a	2.50 a
	C.V.	102.66%	25.97%	22.24%	55.73%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$).

Conclusiones

El tratamiento biológico combinado de *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* (T4) mostró los mejores valores numéricos en las variables evaluadas: reducción de la densidad poblacional de *R. similis* (de 3083 a 1083 nematodos/100 g de raíz), mayor porcentaje de raíces sanas (91.67%), mayor



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

número de hojas funcionales (7.93) y mayor número de yemas en pronta (2.67). Asimismo, se observó una tendencia favorable en el incremento de altura con el tratamiento 2 (*P. lilacinus* + *B. subtilis*), que alcanzó 1.22 m. Sin embargo, el análisis estadístico (Tukey, $p > 0.05$) no detectó diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que, aunque los agentes biológicos son prometedores, su eficacia no fue estadísticamente superior al nematocida químico (Cadusafos) ni al testigo en las condiciones del estudio. La alta variabilidad observada ($CV > 40\%$ en varias variables) sugiere que factores como la heterogeneidad del suelo y la distribución agregada de los nematodos limitaron la precisión del ensayo. Se concluye que los tratamientos biológicos, especialmente la combinación de *P. lilacinus* y *T. harzianum*, representan una alternativa prometedora y ambientalmente sostenible para el manejo integrado de *R. similis*, aunque se requieren estudios adicionales con mayor poder experimental para confirmar su eficacia en campo, complementando estas estrategias con prácticas culturales y monitoreo constante.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en la elaboración de este artículo.

Contribución de los autores

Omar Ivan Brunis Velásquez desarrollo del trabajo experimental. José Luis Valarezo Perugachi, Javier Alberto Landívar Lucio, Alejandro Jair Coello Miele y José Luis Terán Moreno en la creación y redacción del artículo científico.

Referencias bibliográficas

1. Agrios, G. N. (2019). *Fitopatología* (5.^a ed.). Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
2. Aguirre, O. C. (2021). Frecuencias y densidades poblacionales de los nematodos parásitos en banano (*Musa AAA*) en plantaciones de Ecuador. *Agronomía Colombiana*, 37(2), 61–73. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.79099>
3. Bustamante, V. (2019). Efecto del Fluopyram (Verango) en el control de *Radopholus similis* en el cultivo de banano. *Alternativas*, 20(2), 49–55.
4. Chamorro, L. (2023). Efecto de bioformulados bacterianos como controladores de *Radopholus similis* y potenciadores del desarrollo de plántulas de banano (*Musa acuminata* cv. Williams). *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(2), 9–16.
5. Cisneros, F. (2020). *Control de plagas agrícolas*. Hortintl.
6. Durán-Mora, J., & Guzmán, T. J. (2020). Comportamiento de nematodos fitoparásitos en dos sistemas de cultivo de tomate convencional en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 30(3), 59–70. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i3.3273>
7. Gonzales, H. (2021). Poblaciones de fitonematodos asociados al vigor de plantas de plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 163–177.
8. Guzmán, O. A. (2020). El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb]). *Luna Azul*, 33, 137–153.
9. Haegeman, A., Elsen, A., De Waele, D., & Gheysen, G. (2019). Emerging



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

- molecular knowledge on *Radopholus similis*, an important nematode pest of banana. *Molecular Plant Pathology*, 11(3), 315–323. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00614.x>
10. Kilama, P., Dubois, T., Coyne, D., Niere, B., Gold, C. S., & Adipala, E. (2007). Antagonism of *Paecilomyces* spp. isolated from banana (*Musa* spp.) roots and rhizosphere against *Radopholus similis*. *Nematopica*, 37(2), 215–230.
11. Martínez, B. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Protección Vegetal*, 28(1), 1–11.
12. Medina Olea, R. A. (2020). *Manejo integrado del nematodo (Radopholus similis) en el cultivo de banano (Musa AAA)* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo].
13. Mendoza, A. R., & Sikora, R. A. (2019). Biological control of *Radopholus similis* in banana by combined application of the mutualistic endophyte *Fusarium oxysporum* strain 162, the egg pathogen *Paecilomyces lilacinus* strain 251 and the antagonistic bacteria *Bacillus firmus*. *BioControl*, 54(2), 263–272.
14. Mendoza, G. (2021). *Manejo agronómico de plagas que afectan al viñedo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
15. Menjívar, R. (2021). *Estudio del potencial antagonista de hongos endofíticos para el biocontrol del nematodo barrenador Radopholus similis en plantaciones de banano en Costa Rica* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].
16. Morales, D. (2020). *Bioprospección de hongos endófitos para el control biológico del nematodo barrenador Radopholus similis (Cobb) Thorn en el cultivo del banano* [Proyecto de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
17. Pacheco, M. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: Una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), 4–32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
18. Pita López, J. F. (2023). *Efecto de tres alternativas biológicas para el control de Radopholus similis en el cultivo de banano zona Babahoyo* [Trabajo de integración curricular, Universidad Técnica de Babahoyo].
19. Rodríguez, M. (2019). *Manual de nematodos en banano*. PROMUSA.
20. Ugalde, B., Artavia Carmona, R., Vargas Martínez, A., & Peraza-Padilla, W. (2023). *Evaluación in vitro de hongos nematófagos contra el nematodo barrenador Radopholus similis (Cobb, 1893) Thorne, 1949 en Costa Rica* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Costa Rica].
21. Valarezo Padilla, F. C. (2022). *Evaluación del índice de daño ocasionado por Radopholus similis y el efecto biocontrolador de las PGPRs como agente supresor en plántulas de banano cultivar Williams* [Tesis de



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

- grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
22. Valencia Serna, R. A., Guzmán Piedrahita, Ó. A., Estrada, B. V., & Zapata, J. C. (2019). Manejo integrado de nematodos fitoparásitos en almácigos de plátano Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *Luna Azul*, 39, 165–185.
23. Vargas, R. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematicidas en el seudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61–76.
24. Verdesoto, Á. (2018). *Evaluación del efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas (PGPRs) con actividad antagonista hacia el nematodo Radopholus similis en el cultivo de banano in vitro* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].

