



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,  
Volumen 9, Número 4.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2)

# **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NEMATICIDAS ORGÁNICOS APLICADOS AL SUELO CON CULTIVO DE BANANO**

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ORGANIC  
NEMATICIDES APPLIED TO THE SOIL IN BANANA  
CULTIVATION**

**Angie Gisella Maldonado Correa**  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Jorge Alejandro Renteria Bravo**  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Jose Nicasio Quevedo Guerrero**  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Hugo Nicolás Guamán Holguín**  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i4.19085](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19085)

## Evaluación de la Eficiencia de Nematicidas Orgánicos Aplicados al Suelo con Cultivo de Banano

**Angie Gisella Maldonado Correa<sup>1</sup>**

[amaldonad19@utmachala.edu.ec](mailto:amaldonad19@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-2615-0771>

Universidad Técnica de Machala  
Ecuador

**Jorge Alejandro Renteria Bravo**

[jrenteria1@utmachala.edu.ec](mailto:jrenteria1@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0007-9689-6751>

Universidad Técnica de Machala  
Ecuador

**Jose Nicasio Quevedo Guerrero**

[jnquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jnquevedo@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Universidad Técnica de Machala  
Ecuador

**Hugo Nicolás Guamán Holguín**

[ventasjunior-eloro@agrisum.com.ec](mailto:ventasjunior-eloro@agrisum.com.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5385-9172>

Agrisum Cia. Ltda.  
Ecuador

### RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de tres nematicidas orgánicos aplicados al suelo para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de banano (*Musa × paradisiaca* L.) en la agrícola “Sarahi”, ubicada en la provincia de El Oro, Ecuador. Se emplearon extractos vegetales de *Allium spp.* en diferentes concentraciones, biocarbón, y una mezcla de col (*Brassica spp.*) con ortiga (*Urtica spp.*), comparados frente a un testigo comercial a base de Fluopyram y un testigo absoluto. Las variables evaluadas incluyeron peso total de raíces, peso de raíces vivas y muertas, porcentaje de raíces vivas, y densidad poblacional de *Radopholus spp.* y *Helicotylenchus spp.*, medidas a los 0, 30, 60 y 90 días después de la aplicación. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), destacándose el T2 (2 L/ha de *Allium spp.*), T3 (3 L/ha de *Allium spp.*) y T7 (mezcla de col y ortiga), los cuales lograron una reducción sustancial en las poblaciones de nematodos. En particular, el tratamiento T7 no solo demostró un notable efecto nematicida, sino que también promovió un desarrollo radicular más vigoroso en comparación con los demás tratamientos. Estos hallazgos respaldan el potencial de alternativas agroecológicas como herramientas sostenibles para el manejo de nematodos en sistemas bananeros, favoreciendo la salud del suelo y reduciendo la dependencia de agroquímicos sintéticos.

**Palabras clave:** banano, nematicidas, orgánicos, extractos, vegetales

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [amaldonad19@utmachala.edu.ec](mailto:amaldonad19@utmachala.edu.ec)

# Evaluation of the Efficiency of Organic Nematicides Applied to the Soil in Banana Cultivation

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of three organic soil-applied nematicides for the control of plant-parasitic nematodes in banana (*Musa × paradisiaca* L.) cultivation at the “Sarahi” farm, located in the province of El Oro, Ecuador. Plant extracts of *Allium* spp. at different concentrations, biochar, and a combination of cabbage (*Brassica* spp.) and nettle (*Urtica* spp.) were tested, in comparison with a commercial control based on fluopyram and an untreated control. The evaluated variables included total root weight, weight of live and dead roots, percentage of live roots, and population density of *Radopholus* spp. and *Helicotylenchus* spp., assessed at 0, 30, 60, and 90 days after application. The results showed statistically significant differences between treatments ( $p < 0.05$ ), with T2 (2 L/ha of *Allium* spp.), T3 (3 L/ha of *Allium* spp.), and T7 (cabbage and nettle mixture) standing out for their substantial reduction of nematode populations. In particular, treatment T7 not only demonstrated a remarkable nematicidal effect but also promoted more vigorous root development compared to the other treatments. These findings support the potential of agroecological alternatives as sustainable tools for nematode management in banana production systems, contributing to soil health and reducing reliance on synthetic agrochemicals.

**Keywords:** banana, organic, nematicides, plant, extracts

*Artículo recibido 05 julio 2025*

*Aceptado para publicación: 25 julio 2025*



## INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) en Ecuador constituye una actividad agrícola de alta relevancia económica y social, posicionando al país como uno de los principales exportadores mundiales. Sin embargo, su sostenibilidad se ve amenazada por factores bióticos, en particular los nematodos fitoparásitos, como *Radopholus similis* y varias especies del género *Meloidogyne*, que ocasionan daños severos en el sistema radicular. La presencia de estos patógenos reduce directamente la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes, lo que repercute negativamente en su crecimiento, vigor y rendimiento (Justine et al., 2022).

Durante décadas, el manejo de estos nematodos se ha basado principalmente en el uso de nematicidas químicos. Aunque eficaces, estos productos presentan múltiples desventajas, como la toxicidad ambiental, la persistencia en el suelo y el desarrollo de resistencia por parte de los patógenos, lo que ha impulsado la búsqueda de métodos de control más sostenibles (Khanna et al., 2021). En este contexto, se ha intensificado la investigación en alternativas biológicas y orgánicas que sean efectivas sin comprometer la integridad del ecosistema del suelo. (Barnes et al., 2020)

Una de las alternativas con mayor potencial en el control de plagas y enfermedades es el purín de *Urtica* spp., que ha sido utilizado tradicionalmente con fines agrícolas. En investigaciones recientes, se ha evaluado su efecto letal sobre nematodos de vida libre, como *Caenorhabditis elegans*, sin afectar otros organismos del suelo (Stoeff Belkenoff et al., 2024). Así mismo, las especies de *Brassica*, como la col (*Brassica oleracea*), liberan isotiocianatos derivados de glucosinolatos, compuestos con efecto biofumigante capaces de reducir significativamente poblaciones de *Meloidogyne* spp. y otros nematodos al ser incorporados al suelo (Garba et al., 2024; Dutta et al., 2019).

El *Allium* spp., posee un alto contenido en compuestos sulfurados, como el disulfuro y trisulfuro de dialilo, que poseen propiedades antimicrobianas y nematicidas. Además, numerosos estudios han demostrado la actividad nematicida de estos compuestos y del aceite esencial de *Allium* spp., contra diferentes especies de nematodos, como *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica*. No obstante, la información específica sobre la utilización práctica y el potencial de estos compuestos en el control de nematodos en cultivos agrícolas sigue en desarrollo y es objeto de investigación (Galisteo et al., 2022)



Según (Bolan et al., 2024), el biochar, o carbón vegetal, ha adquirido una importancia significativa en la mejora de la estructura del suelo, la estimulación de la actividad microbiana beneficiosa y la limitación del desarrollo de patógenos, mediante la modificación de las condiciones fisicoquímicas del entorno radical. Estas estrategias naturales no solo ofrecen un manejo más ecológico de los nematodos, sino que también contribuyen a fortalecer la salud del suelo y promover una agricultura más resiliente. En este marco, el presente estudio tiene como propósito evaluar la eficiencia en el control de nematodos de tres nematicidas orgánicos aplicados al suelo en la plantación de banano de la agrícola “Sarahi”. La investigación busca ofrecer alternativas sustentables que reduzcan la dependencia de agroquímicos, promuevan la salud del suelo y fortalezcan la sostenibilidad de la producción bananera nacional.

## METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo en la agrícola “Sarahi” ubicada en el cantón el Guabo, El Oro, Ecuador, en las coordenadas 3°15'03" S; 79°49'02" W, a una altitud de 19 m.s.n.m. y temperatura máxima del aire de 32 °C.

**Diseño experimental.** El estudio se estructuró bajo un Diseño de Parcelas Divididas en el Tiempo, con ocho tratamientos distribuidos completamente al azar y tres repeticiones por tratamiento. Cada tratamiento se estableció en un lote independiente, dividido en subparcelas para las réplicas. El factor principal correspondió al tipo de nematicida orgánico aplicado, mientras que el factor secundario fue el tiempo de evaluación (0, 30, 60 y 90 días después de la aplicación, DDA).

En los tratamientos T1 a T5 se seleccionaron plantas distintas para cada fecha, mientras que en T6 y T7 se utilizaron las mismas plantas marcadas desde el inicio, permitiendo el análisis de la evolución de cada unidad en el tiempo

**Tabla 1.** Descripción de tratamientos

| COD | Tratamientos                           | Dosis/Ha |
|-----|--|----------|
| T1  | Extracto vegetal de <i>Allium spp.</i> | 1 L      |
| T2  | Extracto vegetal de <i>Allium spp.</i> | 2 L      |
| T3  | Extracto vegetal de <i>Allium spp.</i> | 3 L      |
| T4  | Extracto vegetal de <i>Allium spp.</i> | 4 L      |
| T5  | Testigo comercial (Fluopyram)          | 0.9 L    |
| T6  | Carbón vegetal                         | 40 kg    |
| T7  | Col + <i>Urtica spp.</i>               | 40 kg    |
| T8  | Testigo absoluto                       | 0        |

## Aplicación de tratamientos

Los tratamientos T1 a T4 consistieron en la aplicación de un extracto vegetal a base de *Allium spp.*, en dosis crecientes de 1, 2, 3 y 4 L/ha, respectivamente. El tratamiento T5 correspondió a un testigo comercial, aplicado a razón de 0,9 L/ha. Por su parte, el tratamiento T6 utilizó carbón vegetal, y el T7 una mezcla de col (*Brassica oleracea*) y ortiga (*Urtica spp.*), ambos aplicados a una dosis de 100 g por planta.

Previamente, el carbón vegetal fue triturado y tamizado, mientras que la mezcla vegetal fue deshidratada y pulverizada para facilitar su incorporación al suelo, mientras que el tratamiento T8 fue un testigo absoluto, sin ningún tipo de aplicación.

Los tratamientos T1 a T5 se aplicaron mediante el método drench; es decir, se vertió la solución directamente sobre el suelo en todas las plantas del lote correspondiente, sin realizar una selección específica de individuos, utilizando bombas de mochila para asegurar una distribución uniforme. En los tratamientos T6 y T7, se seleccionaron 10 plantas por repetición y el producto se aplicó de forma edáfica, colocándolo en media luna frente al hijo de sucesión, con el objetivo de que los compuestos activos alcanzaran eficazmente la zona de raíces activas, donde se concentran los nematodos.

## Medición de las variables

**Tabla 2.** Variables evaluadas

| Variables evaluadas        | Periodos de evaluación (días) | Siglas                         |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Peso de raíces vivas       | 0, 30, 60, 90 DDA             | Rvivas                         |
| Peso de raíces muertas     | 0, 30, 60, 90 DDA             | Rmuertas                       |
| Porcentaje de raíces vivas | 0, 30, 60, 90 DDA             | % Rvivas                       |
| Población de nematodos     | 0, 30, 60, 90 DDA             | Radopholus<br>Helycothylenchus |

Las evaluaciones de los nematodos y del estado del sistema radicular se realizaron a los 0, 30, 60 y 90 días después de la aplicación (DDA), siguiendo un esquema ampliamente utilizado en investigaciones previas sobre el cultivo de banano (León, 2024). Esta frecuencia de medición permite monitorear de manera efectiva la evolución del control de los nemátodos y la recuperación del sistema radicular a lo largo del tiempo. Para ello, se seleccionaron 10 plantas por tratamiento. En los tratamientos T1 a T5, la selección fue aleatoria e independiente para cada fecha de evaluación; es decir, se escogieron 10 plantas distintas al azar en cada uno de los cuatro momentos de muestreo (0, 30, 60 y 90 DDA).

En cambio, para los tratamientos T6 y T7, se seleccionaron 10 plantas al inicio del experimento, las cuales fueron marcadas y evaluadas en todas las fechas programadas, manteniéndose constantes a lo largo del ensayo.

En cada planta seleccionada, se excavó un hoyo de 30 cm de profundidad, 30 cm de largo y 15 cm de ancho, ubicado a 20 cm del pseudotallo en dirección al hijo de sucesión, donde se concentra la mayor actividad radicular. Las raíces extraídas fueron limpiadas superficialmente, etiquetadas según tratamiento y fecha, y posteriormente trasladadas al laboratorio para su análisis nematológico (Vargas, 2016).

Las variables evaluadas fueron: la población de nematodos, tomando como umbral de tolerancia 2500 larvas de *Radopholus*, 3500-4000 larvas de *Helicotylenchus* y 2000 larvas de *Meloidogyne*. El método de extracción empleado fue Stemmerding, mediante licuado y tamizado. También se evaluaron las raíces vivas, definidas como aquellas con coloración clara, turgentes y de textura firme; las raíces muertas, de color oscuro y aspecto blando, seco o descompuesto; y el porcentaje de raíces vivas, considerando como umbral de tolerancia el 60 %. Valores por debajo de este límite afectan el desarrollo normal del cultivo (Nicol y Rivoal, 2008).

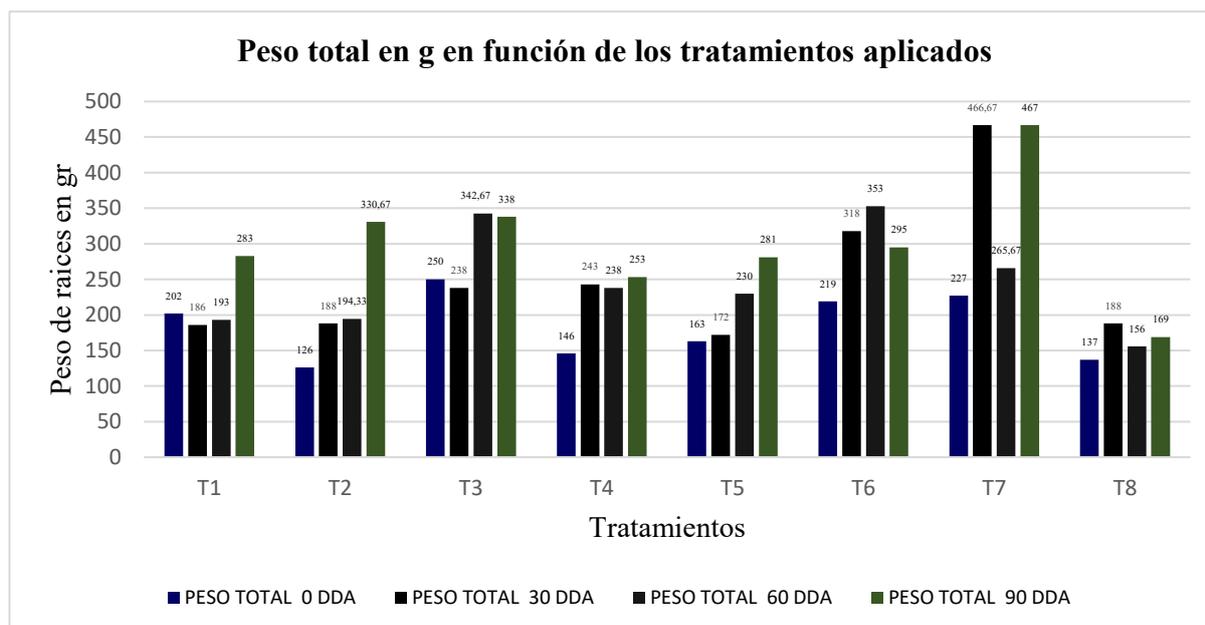
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos en este estudio permitieron evidenciar el efecto diferencial de los tratamientos evaluados sobre el desarrollo del sistema radicular y la dinámica poblacional de nematodos en el cultivo de banano. Los valores de significancia (Sig.) para todas las variables reportadas son 0.000, lo que indica diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos y tiempos evaluados. Esto valida el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo del sistema radicular y la dinámica poblacional de nematodos.

**Tabla 3.** Resultados del ANOVA factorial intergrupos en las variables

| Tratamientos                                 | COD | Tiempo (días) | PTotal (g) | Rvivas (g) | Rmuertas (g) | Rvivas (%) | Radopholus | Helycotylenchus |
|--|-----|---------------|------------|------------|--------------|------------|------------|-----------------|
| Extracto vegetal <i>Allium spp.</i><br>1L/ha | T1  | 0             | 202        | 40         | 162          | 19.8       | 8700       | 400             |
|  |     | 30            | 186        | 92         | 94           | 49.47      | 3400       | 4700            |
|  |     | 60            | 193        | 67         | 126          | 34.7       | 1000       | 10700           |
|  |     | 90            | 283        | 92         | 191          | 32.53      | 500        | 1600            |
| Extracto vegetal <i>Allium spp.</i><br>2L/ha | T2  | 0             | 126        | 14         | 112          | 11.1       | 3441       | 3500            |
|  |     | 30            | 188        | 61         | 127          | 32.47      | 2200       | 8400            |
|  |     | 60            | 194.33     | 75         | 119          | 38.67      | 800        | 9100            |
|  |     | 90            | 330.67     | 77         | 250          | 23.57      | 100        | 1700            |
| Extracto vegetal <i>Allium spp.</i><br>3L/ha | T3  | 0             | 250        | 57         | 193          | 22.8       | 12300      | 2000            |
|  |     | 30            | 238        | 107        | 131          | 44.97      | 600        | 6100            |
|  |     | 60            | 342.67     | 73         | 269          | 21.37      | 3400       | 4699.33         |
|  |     | 90            | 338        | 168        | 170          | 49.7       | 200        | 2008.33         |
| Extracto vegetal <i>Allium spp.</i><br>4L/ha | T4  | 0             | 146        | 29         | 117          | 19.87      | 10700      | 500             |
|  |     | 30            | 243        | 86         | 159.33       | 35.83      | 4700       | 5400            |
|  |     | 60            | 238        | 64         | 174          | 26.9       | 1800       | 1500            |
|  |     | 90            | 253        | 79         | 177          | 30.87      | 400        | 1200            |
| Fluopyram<br>0.9L/ha                         | T5  | 0             | 163        | 42         | 121          | 25.77      | 10400      | 1300            |
|  |     | 30            | 172        | 54         | 117          | 31.4       | 2900       | 3500            |
|  |     | 60            | 230        | 97.67      | 133          | 42.17      | 500        | 1400            |
|  |     | 90            | 281        | 73         | 208          | 26.0       | 100        | 4900            |
| Biocarbón 40<br>kg/ha                        | T6  | 0             | 219        | 43         | 176          | 19.6       | 2600       | 1100            |
|  |     | 30            | 318        | 108        | 210          | 33.97      | 2800       | 1700            |
|  |     | 60            | 353        | 84         | 267.67       | 23.8       | 400        | 800             |
|  |     | 90            | 295        | 179        | 116          | 60.47      | 900        | 2698.33         |
| Col + <i>Urtica spp.</i>                     | T7  | 0             | 227        | 46         | 181          | 20.27      | 6200       | 2000            |
|  |     | 30            | 466.67     | 145        | 324          | 30.77      | 1400       | 5200            |
|  |     | 60            | 265.67     | 107        | 161.67       | 40.07      | 500        | 700             |
|  |     | 90            | 467        | 279        | 188          | 59.73      | 400        | 2600            |
| Testigo absoluto                             | T8  | 0             | 137        | 48         | 89           | 35.0       | 6800       | 11800           |
|  |     | 30            | 188        | 40         | 132          | 29.8       | 12100      | 11300           |
|  |     | 60            | 156        | 40         | 116          | 27.4       | 3600       | 1500            |
|  |     | 90            | 169        | 56.33      | 112          | 31.37      | 2800       | 1500            |
| <b>SIG</b>                                   |     | 0.00          | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00       | 0.00       | 0.00            |

**Imagen 1.** Peso total en g en función de los tratamientos aplicados.

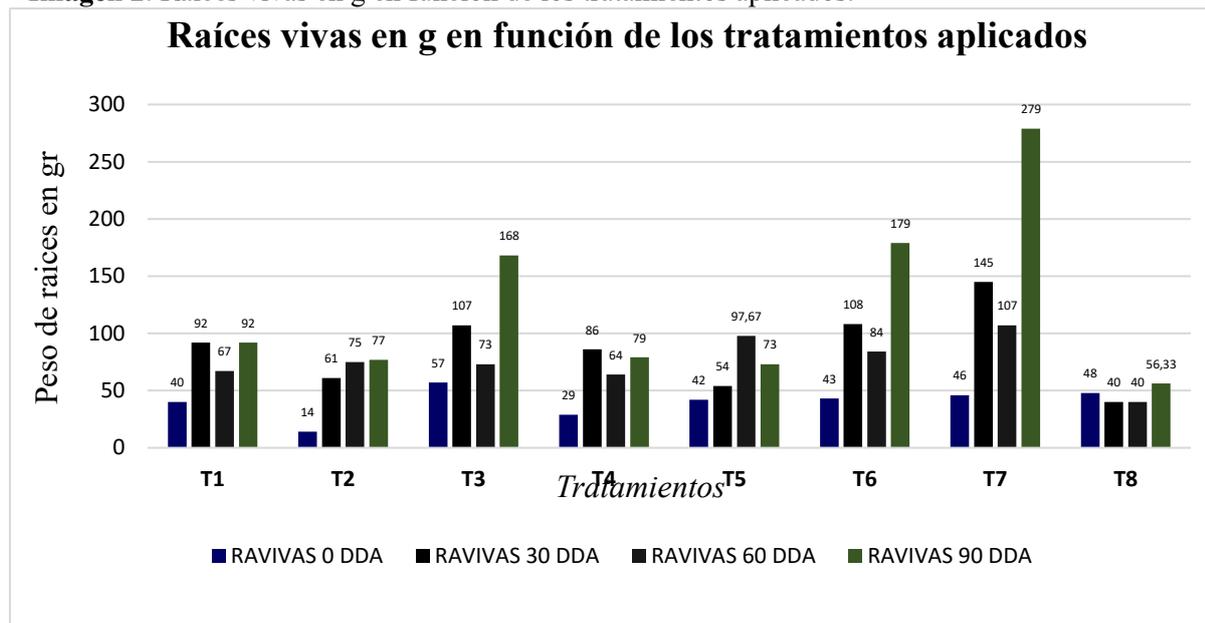


En relación con el peso total de raíces, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos a lo largo del periodo de evaluación. Desde los primeros 30 días, el tratamiento T3 evidenció un desarrollo inicial notable, alcanzando 238 g de biomasa radicular, superando a los demás en esta etapa. Sin embargo, el tratamiento T7, que consistió en la combinación de col y ortiga, mostró un crecimiento progresivo y sostenido, logrando el mayor valor registrado con 467,67 g a los 90 días después de la aplicación. Por su parte, el tratamiento T6 también presentó un incremento considerable, alcanzando 353 g a los 60 días, lo que sugiere un efecto positivo sobre la estructura física y biológica del suelo. En contraste, el tratamiento T5 (fluopyram) alcanzó un valor de 232 g, mientras que el testigo absoluto (T8) reflejó un desarrollo radicular limitado, con apenas 169 g a los 90 días, lo que evidencia la escasa estimulación del sistema radicular en ausencia de intervención.

Estos resultados se relacionan con los efectos bioestimulantes y nematicidas documentados en especies de *Brassicaceae* como la col de Bruselas, cuyo contenido de glucosinatos se transforma en compuestos activos tras su descomposición en el suelo, favoreciendo tanto la supresión de nematodos como el desarrollo radicular.

La mejora significativa observada en el tratamiento 7 coincide con estudios donde se reporta que estos biofumigantes naturales no solo controlan nematodos, sino que también promueven la acumulación de biomasa en cultivos afectados, especialmente bajo condiciones de infestación prolongada (Riga, 2016).

**Imagen 2.** Raíces vivas en g en función de los tratamientos aplicados.

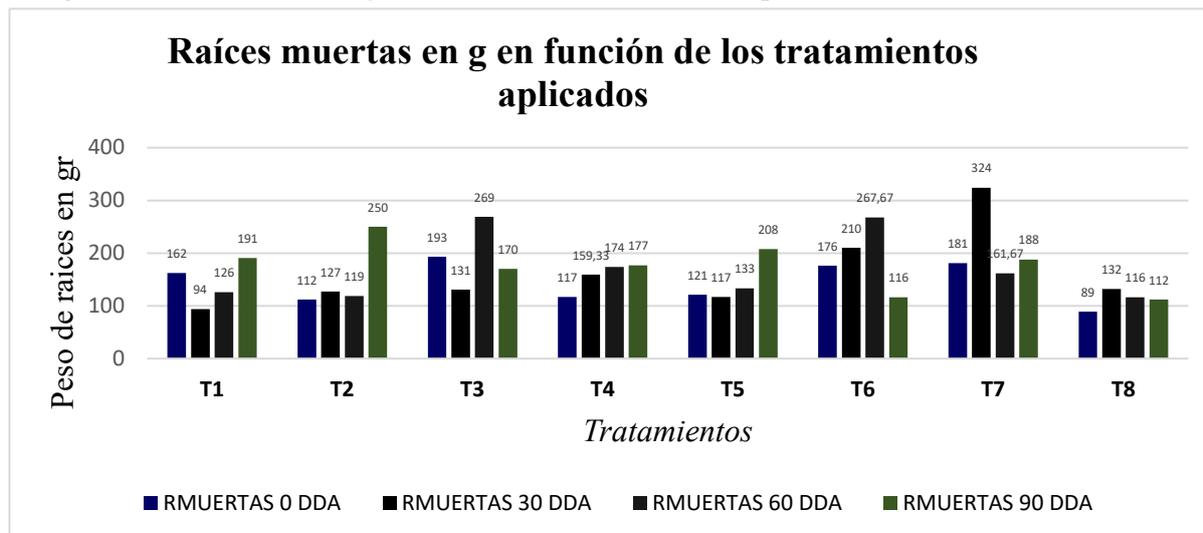


En relación con las raíces vivas, los tratamientos mostraron diferencias tanto en magnitud como en estabilidad a lo largo del tiempo.

El tratamiento T7 obtuvo los mejores resultados, con 279 g de raíces vivas a los 90 días, reflejando una regeneración activa del sistema radicular. Este resultado sugiere un efecto biológico sostenido, posiblemente asociado a compuestos alelopáticos y bioactivos de las plantas utilizadas. Por su parte, el tratamiento T6 alcanzó 179 g a los 60 días, mientras que el tratamiento T3 logró un pico de 107g en la misma etapa, aunque posteriormente disminuyó. El tratamiento T5 con fluopyram también mostró una respuesta favorable con 97.67 g a los 60 días. En el extremo inferior, el tratamiento T8 alcanzó solo 56.33 g a los 90 días, lo que confirma que la ausencia de manejo nematocida limita considerablemente la vitalidad radicular.

La superioridad del tratamiento T7 en el desarrollo de raíces vivas puede estar vinculada al efecto sinérgico de los compuestos alelopáticos liberados por las especies vegetales utilizadas, como las coles y ortigas, las cuales actúan sobre la biología del suelo al modificar su microbiota y reducir la presión de nematodos fitoparásitos. Este tipo de respuesta coincide con lo reportado por (Eleko & Tutala, 2014), quienes destacaron que plantas nematocidas aplicadas como cobertura o mulch generan un entorno edáfico menos favorable para los nematodos, permitiendo así que las raíces mantengan su actividad fisiológica y estructura funcional por más tiempo.

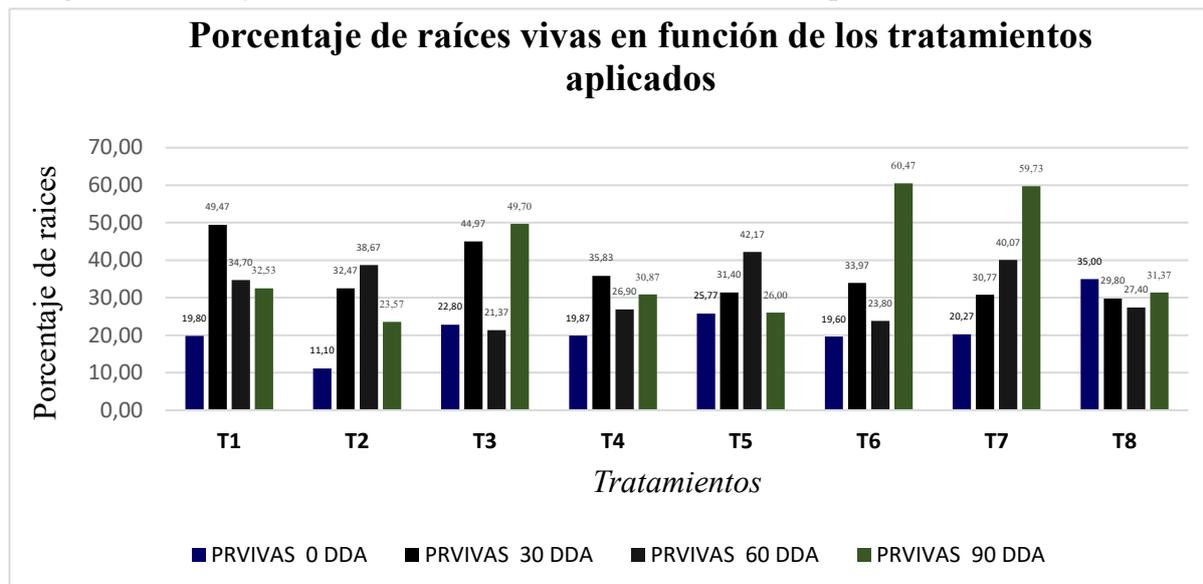
**Imagen 3.** Raíces muertas en g en función de los tratamientos aplicados.



Por otro lado, las raíces muertas reflejaron una clara reducción en aquellos tratamientos con mayor eficacia nematicida y capacidad regenerativa. A los 90 días, el tratamiento T7 registró 188 g de raíces muertas, en contraste con su elevado contenido de raíces vivas, lo que sugiere un balance positivo del sistema. El tratamiento T6 presentó 267.67 g de raíces muertas a los 60 días, evidenciando un efecto mixto: buen control de nematodos, pero con un posible impacto inicial en el tejido radicular. En comparación, el tratamiento T1 y tratamiento T2 mostraron valores altos de raíces muertas con 191 g y 250 g respectivamente al final del experimento, lo cual podría estar relacionado con una acción limitada sobre nematodos o estrés fisiológico. El tratamiento T8 presentó valores similares a los tratamientos menos efectivos, con 137 g de raíces muertas a los 90 días.

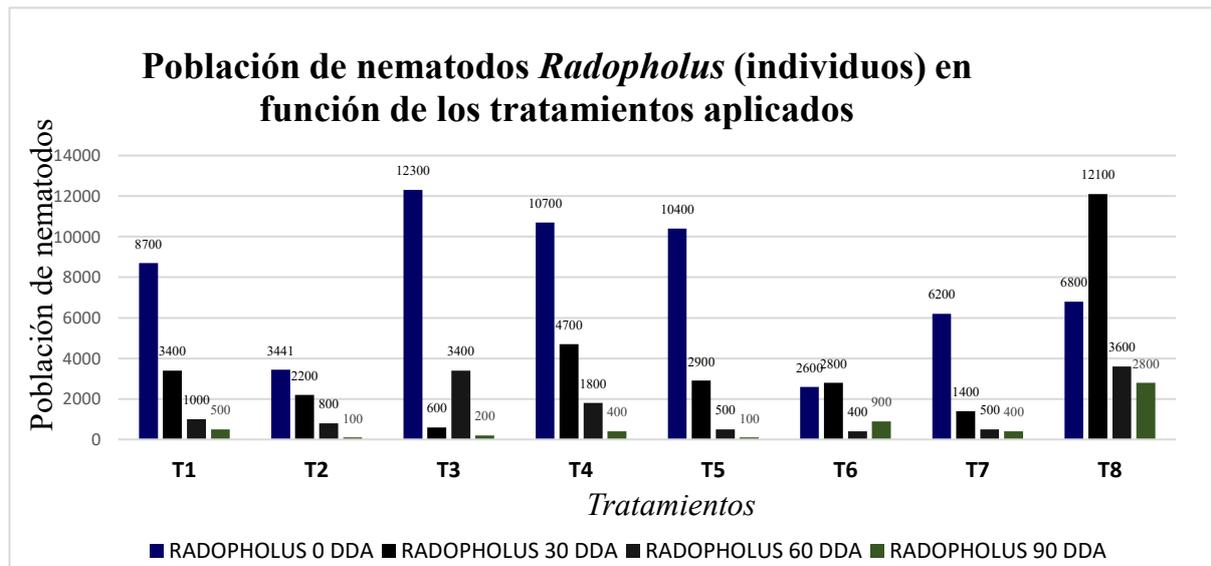
La dinámica observada en los niveles de raíces muertas puede explicarse por la acción diferencial de los extractos vegetales y materiales orgánicos utilizados, los cuales no sólo actúan sobre los nemátodos, sino que también influyen en la fisiología del sistema radicular. En estudios recientes (D'Addabbo et al., 2023), demostraron que formulaciones vegetales como extractos de *Allium spp.* pueden provocar una reducción significativa de nemátodos del suelo sin afectar negativamente la biomasa radicular, siempre que se emplee en concentraciones adecuadas. Esto sugiere que los tratamientos que no logran una disminución efectiva y sostenida de las poblaciones de nemátodos permiten que el daño continúe, resultando en una acumulación más alta de raíces necrosadas, como se evidenció en los tratamientos T1 y T2 del presente estudio.

**Imagen 4.** Porcentaje de raíces vivas en función de los tratamientos aplicados.



El porcentaje de raíces vivas sirvió como un indicador efectivo de la relación entre tejido radicular funcional y deteriorado. A los 90 días, el tratamiento T6 mostró el porcentaje más alto de raíces vivas, alcanzando un 60.47%, seguido por T7 con un 59.74%, y T1 con un 49.46%. Estos valores reflejan una mayor proporción de tejido radicular activo en T6, sugiriendo que este tratamiento puede ser particularmente efectivo para mantener la vitalidad del sistema radicular en ese período. Por otro lado, el tratamiento T2 presentó un descenso significativo, alcanzando solo un 23.29%, mientras que T4 mostró un 25.13%, indicando un desequilibrio en la regeneración del tejido radicular. Asimismo, T8 mantuvo porcentajes bajos similares, reafirmando la necesidad de aplicar tratamientos eficientes para preservar la funcionalidad del sistema radicular. En conjunto, estos resultados sugieren que T6 y T7 contribuyen a mantener una proporción mayor de tejido radicular vivo, siendo T6 el más efectivo en este período, lo cual es clave para la salud y el crecimiento óptimo de las plantas. Este patrón es consistente con lo descrito (Eleko y Tutala, 2014), quienes señalan que extractos de origen vegetal liberan metabolitos activos tras su descomposición, protegiendo las raíces y favoreciendo su funcionalidad incluso en suelos infestados.

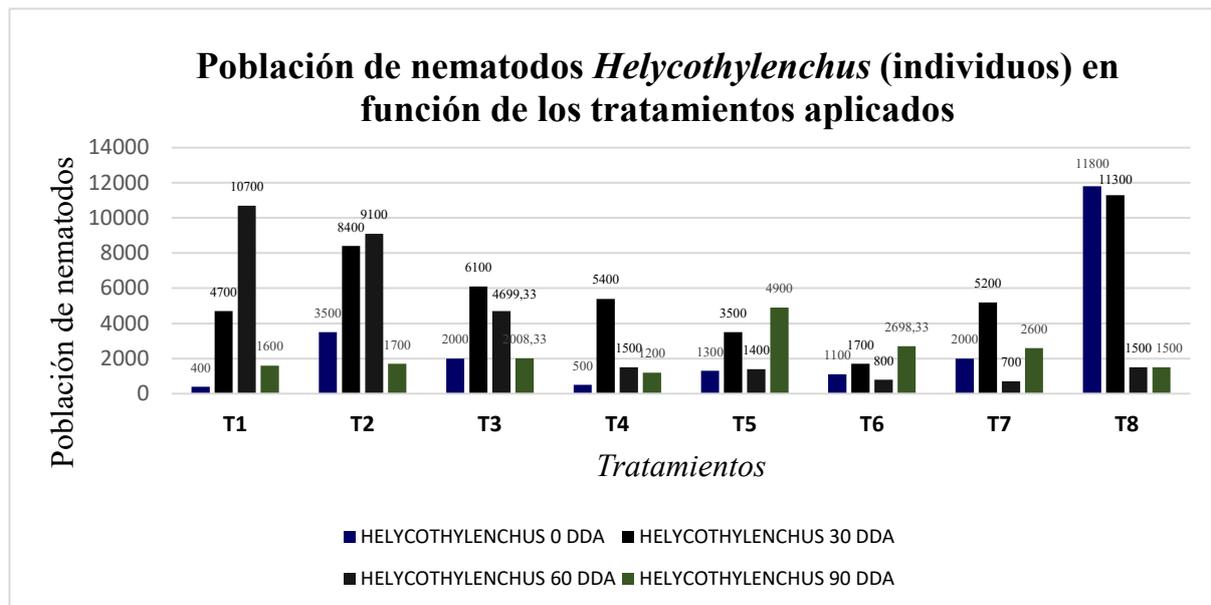
**Imagen 5.** Población de *Radopholus* spp. (individuos) en función de los tratamientos aplicados.



En el análisis de la población de *Radopholus* spp. a lo largo del tiempo, se observó que los tratamientos T5, T2 y T3 fueron los más efectivos en la reducción de nematodos, alcanzando poblaciones finales de 100, 100 y 200 individuos respectivamente a los 90 días después de la aplicación (DDA), lo que evidencia una supresión superior al 97 %. El tratamiento T5, en particular, logró disminuir la población inicial de 10.400 individuos a solo 100, siendo el más eficiente. El tratamiento T7 también logró una reducción significativa, pasando de 6200 a 400 individuos; si bien esta supresión no fue la más pronunciada, sí tuvo un impacto importante en el control de nematodos. En contraste, el tratamiento T8 (testigo absoluto) mantuvo una alta población durante todo el periodo, finalizando con 2800 individuos, lo que confirma la persistencia del ciclo reproductivo del nematodo en ausencia de manejo.

En esta línea (Riga et al., 2004) reportaron que la incorporación de abonos verdes de *Eruca sativa* y otras *Brassicas* redujo sustancialmente poblaciones de *Pratylenchus penetrans* y *Paratrichodorus allius* en cultivos de papa, indicando que los compuestos liberados durante su descomposición pueden interferir con los ciclos reproductivos de nemátodos endoparásitos del mismo tipo que *Radopholus*. Esta evidencia respalda el efecto observado en el presente estudio, donde tratamientos basados en col y ortiga mostraron una reducción contundente de nemátodos sin requerir productos químicos de síntesis.

**Imagen 6.** Población de *Helycotylenchus* spp. (individuos) en función de los tratamientos aplicados.



Finalmente, en cuanto a *Helycotylenchus* spp., a lo largo de los 90 días después de la aplicación (DDA), los tratamientos T1, T3, T5 y T7 presentaron los mejores resultados en la reducción de nematodos. El tratamiento T1 fue el más efectivo, disminuyendo la población de 10.700 a 400 individuos, seguido por T7 con una reducción de 5.200 a 700, T5 de 4.900 a 900, y T3 de 6.100 a aproximadamente 800 individuos. Estos tratamientos evidenciaron una acción supresora sostenida y efectiva. En contraste, tratamientos como T2 y T6 mantuvieron niveles poblacionales elevados durante el ensayo, mostrando baja eficiencia. Aunque el tratamiento T8 (testigo absoluto) mostró una disminución de 11.890 a 1.500 individuos a los 90 DDA, esta no refleja una acción de control, sino posiblemente una caída natural de la población por deterioro del tejido radicular o factores ambientales.

La reducción parcial *Helycotylenchus* spp. sugiere una mayor tolerancia de este género frente a ciertos compuestos nematicidas, en comparación con *Radopholus* spp. Esta diferencia de susceptibilidad ha sido previamente reportada por (Rivera & Aballay, 2008) quienes evaluaron cinco plantas antagonistas usadas como abono verde y contrastaron que la efectividad sobre *Helycotylenchus* spp. fue más limitada en comparación con otros nemátodos endoparásitos. Sin embargo, los tratamientos basados en *Brassicaceae* y extractos vegetales sí lograron reducciones significativas, atribuidas a la acción de metabolitos secundarios que alteran la dinámica poblacional de nemátodos migratorios en el suelo.

## CONCLUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación evidencian que los extractos de *Allium* spp., a dosis de 2 y 3 litros/ha (T2 y T3) fueron eficientes en el control de nematodos seguidos de cerca por la combinación de col y ortiga (T7) constituyéndose en herramientas orgánicas eficaces para el manejo sostenible de nematodos en banano. En cuanto a masa radicular se observó un incremento favorable de raíces con el T7, favoreciendo un sistema radicular vigoroso y reduciendo de manera significativa las poblaciones de *Radopholus* spp. y *Helicotylenchus* spp. Estos tres tratamientos mostraron superioridad frente a los testigos comerciales y otros bioinsumos, confirmando un efecto biológico prolongado asociado a compuestos alelopáticos. Por su parte, el biocarbón y los extractos de *Allium* spp. presentaron resultados positivos, aunque variables según dosis y tiempo en la variable de peso total de raíces y porcentaje de raíces sanas comparados a los obtenidos con el T7. En conjunto, se valida el potencial de las alternativas agroecológicas para disminuir el uso de químicos y fortalecer la salud edáfica en sistemas bananeros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barnes, J., Hashemi, M., & Putnam, D. (2020). Biofumigation: An alternative strategy for the control of plant-parasitic nematodes. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(7), 1680–1690. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62817-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62817-0)
- Bolan, S., Sharma, S., Mukherjee, S., Kumar, M., Rao, C., & Nataraj, K. (2024). Biochar modulating soil biological health: A review. *Science of the Total Environment*, 914, 169585. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169585>
- D'Addabbo, T., Ladurner, E., y Troccoli, A. (2023). Nematicidal activity of a garlic extract formulation against the grapevine nematode *Xiphinema index*. *Plants*, 12(4), 739. <https://doi.org/10.3390/plants12040739>
- Dutta, T., Khan, M., & Phani, V. (2019). Plant-parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non-brassica plants: Current status and future prospects. *Current Plant Biology*, 17, 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2019.02.001>
- Eleko, N., y Tutala, H. (2014). Using natural nematicide plants against banana nematodes. *Plantwise Factsheet for Farmers*. CABI. <https://factsheetadmin.plantwise.org/Uploads/PDFs/20157800105.pdf>



- Galisteo, J., Lima, D., Barrera, A., Ferrero, A., González-Coloma, A., & Bandoni, A. (2022). Characterization and nematicidal effects of industrial garlic hydrolate on *Meloidogyne javanica*: Chemical composition and in vitro bioassays. *Life*, 12(6), 915. <https://doi.org/10.3390/life12060915>
- Garba, I., Stirling, G., Stirling, A., & Williams, A. (2024). Cover crop functional types alter soil nematode community composition and structure in dryland crop-fallow rotations. *Applied Soil Ecology*, 194, 105196. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105196>
- Justine, A. K., Kaur, N., Savita, S., & Pati, P. K. (2022). Biotechnological interventions in banana: Current knowledge and future prospects. *Heliyon*, 8, e11636. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11636>
- Khanna, N., Kohli, S. K., Ohri, P., & Bhardwaj, R. (2021). Plants-nematodes-microbes crosstalk within soil: A trade-off among friends or foes. *Microbiological Research*, 248, 126755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126755>
- León, D. A. (2024). Efectos de nematicidas orgánicos y químico en el control de nematodos en el cultivo de banano, Balao Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LEON%20MORAN%20DIMAS%20ADRIAN.pdf>
- Nicol, J. M., y Rivoal, R. (2008). A concept for nematode damage thresholds in crop production systems. En J. Starr, R. Cook, y J. Bridge, *Plant and insect nematode interactions* (pp. 135–145). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2_13)
- Riga, E. (2016). The effects of Brassica green manures on plant parasitic and free-living nematodes used in combination with reduced rates of synthetic nematicides. *Journal of Nematology*, 43(2), 119–121. [https://doi.org/ https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-029](https://doi.org/https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-029)
- Riga, E., Mojtahedi, H., Ingham, R., y McGuire, A. M. (2004). Green manure amendments and management of root-knot nematodes on potato in the Pacific Northwest of USA. En R. C. Cook, y D. J. Hunt, *Proceedings of the Fourth International Congress of Nematology* (pp. 151–158). Brill Academic Publishers.



- Rivera, L., y Aballay, E. (2008). Nematicide effect of various organic soil amendments on *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, on potted vine plants. Chilean Journal of Agricultural Research, 3(290-296), 68. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392008000300009>
- Stoeff Belkenoff, I., Salas, A., Sauka, D., Luján Maydup, M., Achinelly, M., & Peluso, M. (2024). Toxicidad del purín de ortiga sobre dos nematodos de vida libre. Revista RIVAR, 10(31), 110-121. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i31.6173>
- Vargas, R. (2016). Muestreo de raíces para análisis de nematodos en banano (*Musa AAA*) [Hoja divulgativa No. 8-2016]. CORBANA, Dirección de Investigaciones, Sección de Nematología.

