



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Uso de *Purpureocillium lilacinum*,
Trichoderma harzianum y *Pimenta dioica* (L.)
Merrill para control de nematodos en plátano
(*Musa paradisiaca* L.), en el centro
experimental El Plantel, 2021**

Autores

**Br. Valentín Vidal Álvarez Ortega
Br. Carlos Andrés Gutiérrez Miranda**

Asesor

Ing. MSc. Trinidad Castillo Arévalo

**Managua, Nicaragua
Febrero, 2022**



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Uso de *Purpureocillium lilacinum*,
Trichoderma harzianum y *Pimenta dioica* (L.)
Merrill para control de nematodos en plátano
(*Musa paradisiaca* L.), en el centro
experimental El Plantel, 2021**

Autores

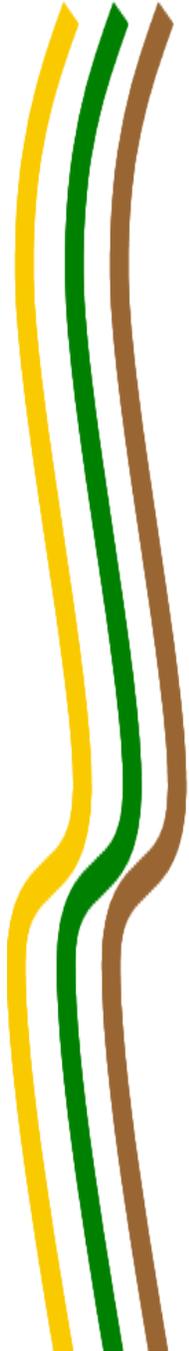
**Br. Valentín Vidal Álvarez Ortega
Br. Carlos Andrés Gutiérrez Miranda**

Asesor

Ing. MSc. Trinidad Castillo Arévalo

Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua
Febrero, 2022**



Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Honorable Comité Evaluador

Presidente (Grado académico y
nombre)

Secretario (Grado académico y
nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios padre todo poderoso, a él el honor y la gloria, ¡por siempre!

A nuestras familias, por ser nuestra principal motivación.

Y a todas aquellas personas que desinteresadamente nos acompañaron y apoyaron en este caminar.

Valentín Álvarez Ortega

Carlos Gutiérrez Miranda

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser nuestro mayor soporte en momentos de dificultad y debilidad.

A nuestras familias, por esperarnos pacientemente el tiempo que debimos ausentarnos para que hoy este sueño lo hayamos materializado.

A toda la comunidad universitaria de la Universidad Nacional Agraria, en especial a los docentes, por compartirnos sus conocimientos y experiencias.

Valentín Álvarez Ortega

Carlos Gutiérrez Miranda

ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|--|------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| ÍNDICE DE ANEXOS | v |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 Objetivo general | 3 |
| 2.2 Objetivos específicos | 3 |
| III. MARCO DE REFERENCIA | 4 |
| 3.1 Origen del cultivo de plátano | 4 |
| 3.2 Requerimientos agroecológicos del cultivo de plátano | 4 |
| 3.3 Daños ocasionados por nematodos en el cultivo de plátano | 5 |
| 3.4 Estrategias de manejo de nematodos en el cultivo de plátano | 6 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 9 |
| 4.1 Ubicación del estudio | 9 |
| 4.2 Descripción de los tratamientos | 9 |
| 4.3 Diseño metodológico | 10 |
| 4.4 Manejo agronómico y fitosanitario del ensayo | 10 |
| 4.5 Procesamiento de muestras de raíz y suelo en el laboratorio | 10 |
| 4.6 Variables evaluadas | 11 |
| 4.7 Análisis de datos | 12 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 13 |
| 5.1 Comparación del promedio de <i>Pratylenchus</i> sp. en raíz | 13 |
| 5.2 Comparación del promedio de <i>Scutellonema</i> sp. en raíz | 13 |
| 5.3 Comparación del promedio de <i>Rotylenchulus</i> sp. en raíz | 14 |
| 5.4 Comparación del promedio de <i>Helicotylenchus</i> sp. en raíz | 14 |
| 5.5 Comparación del promedio de <i>Pratylenchus</i> sp. en suelo | 15 |
| 5.6 Comparación del promedio de <i>Scutellonema</i> sp. en suelo | 15 |
| 5.7 Comparación del promedio de <i>Rotylenchulus</i> sp. en suelo | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 5.8 Comparación del promedio de <i>Helicotylenchus</i> sp. en suelo | 16 |
| 5.9 Comparación del promedio de altura de planta de plátano | 17 |
| 5.10 Comparación del promedio de diámetro basal de planta de plátano | 18 |
| 5.11 Comparación del promedio de área foliar de planta de plátano | 19 |
| VI. CONCLUSIONES | 21 |
| VII. RECOMENDACIONES | 22 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 23 |
| IX. ANEXOS | 28 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | | PÁGINA |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Descripción de los tratamientos evaluados en el estudio | 10 |
| 2. | Promedios de los diferentes géneros de nematodos encontrados en raíz | 15 |
| 3. | Promedios de los diferentes géneros de nematodos encontrados en suelo | 17 |
| 4. | Promedios de altura de planta de plátano | 18 |
| 5. | Promedios de diámetro basal de planta de plátano | 19 |
| 6. | Promedios de área foliar de planta de plátano | 20 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Ubicación del área de estudio, finca El Plantel | 9 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | | PÁGINA |
|--------------|--|---------------|
| 1. | Hoja de campo | 28 |
| 2. | Formulario para medición de variable en altura de planta | 29 |
| 3. | Formulario para medición de variable en diámetro basal de planta | 29 |
| 4. | Formulario para medición de variable en área foliar de planta | 30 |
| 5. | Diseño de campo (distribución de los tratamientos) | 30 |
| 6. | Toma de datos de altura de planta de plátano | 31 |
| 7. | Toma de datos de diámetro basal de planta de plátano | 31 |
| 8. | Extracción de muestra de suelo de una unidad experimental del ensayo | 31 |
| 9. | Procesando muestras de raíz y suelo en el laboratorio de nematología de la UNA | 32 |
| 10. | Centrífuga para separación de nematodos del suelo y del material vegetal | 32 |
| 11. | Muestras de raíz y suelo procesadas | 32 |

RESUMEN

Los nematodos fitoparásitos constituyen uno de los principales problemas fitosanitarios que afectan el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) a nivel mundial. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia biológica de los hongos Hypocreales (*Purpureocillium lilacinum* y *Trichoderma harzianum*) y el aceite esencial de pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) como agentes de biocontrol de nematodos en el cultivo de plátano. Las cepas de *P. lilacinum* y *T. harzianum* fueron proporcionadas por el laboratorio de hongos entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y el extracto botánico de pimienta de Jamaica fue adquirido en una casa comercial. El estudio se realizó en el período comprendido de mayo a julio del año 2021, en el centro experimental El Plantel, propiedad de la UNA, se realizaron cinco aplicaciones con intervalos de 21 días. La metodología de muestreo fue la siguiente: se extrajo 20 g de raíz y 200 g de suelo por cada unidad experimental, posteriormente las muestras fueron procesadas en el laboratorio de nematología de la UNA. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cinco tratamientos conformados por cada uno de los hongos entomopatógenos y el aceite de pimienta de Jamaica. Se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico InfoStat, versión 2020. Las variables evaluadas fueron número de nematos por planta, altura de planta, diámetro basal de planta y área foliar de planta. Los resultados indican que los géneros de nematodos encontrados fueron: *Pratylenchus* sp., *Scutellonema* sp., *Rotylenchulus* sp. y *Helicotylenchus* sp. El análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos; en raíz, las menores cantidades de nematodos de los géneros *Scutellonema* sp. y *Rotylenchulus* sp. se presentaron en el tratamiento *T. harzianum* con 720 y 340 nematodos respectivamente; en suelo, las menores poblaciones de *Scutellonema* sp. y *Helicotylenchus* sp. se registraron en el tratamiento *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 795 y 395 nematodos respectivamente; la mayor altura de planta, diámetro basal y área foliar se registraron en el tratamiento pimienta de Jamaica con 177.85 centímetros de altura, 52.70 centímetros de diámetro basal 6.59 centímetros cuadrados de área foliar.

Palabras clave: hongos Hypocreales, aceite esencial, biocontrol, área foliar, *Rotylenchulus* sp.

ABSTRACT

Phytoparasitic nematodes constitute one of the main phytosanitary problems that affect plantain crop (*Musa paradisiaca* L.) worldwide. The objective of this study was to evaluate the biological efficacy of Hypocreales fungi (*Purpureocillium lilacinum* and *Trichoderma harzianum*) and allspice essential oil (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) as nematode biocontrol agents in plantain crop. The strains of *P. lilacinum* and *T. harzianum* were provided by the entomopathogenic fungi laboratory of Universidad Nacional Agraria (UNA) and the botanical extract of allspice was purchased from a commercial company. The study was carried out in the period from May to July of the year 2021, in the experimental center El Plantel, owned by the UNA, five applications were made with intervals of 21 days. The sampling methodology was as follows: 20 g of root and 200 g of soil were extracted for each experimental unit, later the samples were processed in the nematology laboratory of the UNA. A randomized complete block design (BCA) was used with five treatments made up of each of the entomopathogenic fungi and allspice oil. An analysis of variance was performed using the statistical program InfoStat, version 2020. The variables evaluated were number of nematodes per plant, plant height, basal diameter of the plant, and leaf area of the plant. The results indicate that the genera of nematodes found were: *Pratylenchus* sp., *Scutellonema* sp., *Rotylenchulus* sp. and *Helicotylenchus* sp. The statistical analysis showed that there are significant differences between the treatments; in root, the lowest amounts of nematodes of the genera *Scutellonema* sp. and *Rotylenchulus* sp. were presented in the *T. harzianum* treatment with 720 and 340 nematodes, respectively; in soil, the lowest populations of *Scutellonema* sp. and *Helicotylenchus* sp. were recorded in the *P. lilacinum* plus *T. harzianum* treatment with 795 and 395 nematodes, respectively; the highest plant height, basal diameter and leaf area were recorded in the allspice treatment with 177.85 centimeters in height, 52.70 centimeters in basal diameter and 6.59 square centimeters in leaf area.

Keywords: Hypocreales fungi, essential oil, biocontrol, leaf area, *Rotylenchulus* sp.

I. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca* L.) es considerado el cuarto cultivo de mayor importancia a nivel mundial, por ser el sustento económico y alimenticio en más de 120 países, principalmente en América Latina y el Caribe, la industria platanera es de vital grado para el desarrollo socioeconómico de los países (Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza CATIE, 2014).

Se estima que, en el año 2002, se contaba con una área sembrada de plátano de 4.4 mil hectáreas (ha) distribuidas en los departamentos de Granada, Rivas, Carazo, Masaya, León y Chinandega. Actualmente, se estima que el área total de producción es de 10 mil ha (IICA, 2004). De estas, en el departamento de Rivas se cultivan unas 7.5 mil ha, de las cuales se comercializan 400 millones de dedos anualmente.

La alta diversidad de suelos aptos para este cultivo está provocando cambios marcados en el ecosistema del suelo y su salud, afectando la productividad y sostenibilidad de los cultivos. Dentro del ecosistema del suelo se encuentran los nematodos de vida libre (Niblack, 2015).

Los fitonematodos son considerados una de las plagas más importantes en el cultivo del plátano a nivel mundial, afectan el desarrollo y crecimiento de las plantaciones, causan el 20% de pérdidas en América Latina, África y Asia. Los principales géneros que afectan este cultivo son: *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne* (Martínez, 2013).

La sintomatología que muestran las plantas de plátano infectadas con fitonematodos es muy variable. Pueden ser tumores, lesiones internas de la raíz y deformaciones del sistema radicular, siendo los daños más severos la marchitez y/o el volcamiento de las plantas que presentan sus frutos desarrollados. Todo esto retrasa considerablemente los ciclos de producción (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2012).

Nicaragua, dentro de su territorio de vocación agrícola, posee diferentes áreas que ofrecen condiciones que van desde las adecuadas hasta las óptimas para la siembra de musáceas, con altas posibilidades de rentabilidad económica o de seguridad alimentaria; entre estas zonas se encuentran: Rivas, Granada, Carazo, Managua, León, Chinandega, Matagalpa, Jinotega, Nueva Segovia y zonas de la RAAN y RAAS (IICA, 2004).

El plátano es uno de los cultivos de mayor importancia económica en Nicaragua, siendo un rubro que genera una gran fuente de ingresos a pequeños, medianos y grandes productores, pero actualmente, las plantaciones enfrentan serios problemas fitosanitarios que involucran una alta demanda y dependencia de productos químicos para poder mantenerse.

Uno de los inconvenientes de la propagación por métodos convencionales es que favorece la diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades que reducen significativamente la producción y rentabilidad del cultivo. Entre los patógenos que se encuentran en las plantaciones están el picudo negro del plátano (*Cosmopolitus sordidus* Germ) y el nemátodo *Rhadopholus similis* (Aguilar *et al.*, 2004).

El comportamiento fluctuante de las poblaciones de estos nematodos se debe a las adversidades climáticas, especialmente la humedad del suelo (Valverde, 2017). Dentro de las alternativas de manejo contra los nematodos se destaca el uso de biocontroladores de fitonematodos y patógenos del plátano, tal es el caso de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus*, se indica que estos hongos poseen propiedades nematicidas (Naranjo, 2016).

Existe una gran variedad de hongos entomopatógenos que se usan para el manejo de nematodos fitoparásitos. Dentro de esta diversidad de hongos se encuentran *T. harzianum* y *P. lilacinus*. Estos hongos se caracterizan por atacar, parasitar y desplazar a otros hongos que ocasionan enfermedades como: *Fusarium Oxysporum*, *Rosellinia*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium*, *Armillaria*, entre otras (Daine *et al.*, 2015).

En Nicaragua existe poca información sobre el uso de biocontroladores de nematodos en musáceas, los productos sintéticos utilizados para el manejo de estos organismos pueden ser perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. El siguiente estudio tiene como objetivo generar información sobre el uso de los biocontroladores *P. lilacinum*, *T. harzianum* y el aceite esencial de pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), en el cultivo de plátano.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Comprobar la eficacia biológica de *Purpureocillium lilacinum*, *Trichoderma harzianum*, la mezcla de *Purpureocillium lilacinum* más *Trichoderma harzianum* y *Pimenta dioica* (L.) Merrill para control de nematodos en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), en el centro experimental El Plantel.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la efectividad biológica de *Purpureocillium lilacinum*, *Trichoderma harzianum* y *Pimenta dioica* (L.) para el control de nematodos fitopatógenos en raíz y suelo.
- Determinar la efectividad biológica de *Purpureocillium lilacinum*, *Trichoderma harzianum* y *Pimenta dioica* (L.) en variables de crecimiento y desarrollo en el cultivo de plátano.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Origen del cultivo de plátano

El plátano es una fruta tropical originada en el sudoeste asiático, perteneciente a la familia de las musáceas. De acuerdo con la FAO (2007), el plátano se cultivaba en el sur de la India en el siglo V a.C. (antes de Cristo). De allí se distribuyó a Malasia, Madagascar, Japón y Samoa. Fue introducido probablemente a África entre los años 1000 y 1500 de la era cristiana. Finalmente llegó al Caribe y Latinoamérica poco después del descubrimiento del continente americano (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, 2004).

En la actualidad el rubro ocupa un área de 100 000 hectáreas, con una producción de 42 256 305 millones de toneladas, los principales productores son Uganda, Camerún, Ghana, Colombia, Ruanda y Nigeria (Pérez, 2018).

3.2 Requerimientos agroecológicos del cultivo de plátano

El plátano se adapta a suelos con profundidades menores a 1.2 m; textura franco arenosa, franco limoso o franco arcillo; pH de 5.5 a 7.0. Los suelos deben ser fértiles, sueltos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje (Buxadé *et al.*, 2002).

En la época con mayor radiación solar presentan racimos de menor peso, cuando existen rangos altos de radiación solar se produce un efecto directo en el crecimiento de la planta, al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo de la planta se alarga (Salinas, 2004).

La temperatura óptima para el desarrollo del fruto se encuentra entre los 18 °C y 38 °C; arriba de estos rangos se producen anomalías y por debajo de los 15 °C el desarrollo del fruto se ve interrumpido (Barrera *et al.*, 2011).

Las musáceas son plantas exigentes en agua, en zonas de clima cálido necesitan de 150 a 180 mm por mes mínimo; es decir, alrededor de 1,800 a 2,500 mm bien distribuidos en todo el año (Moron, 2014).

Según Espinoza (2015), no se recomienda establecer plantaciones en áreas expuestas a vientos con velocidades mayores de 20 km hr^{-1} , dado que se dan problemas con acame de plantas, daños en el área foliar y pérdidas en la producción.

3.3 Daños ocasionados por nematodos en el cultivo de plátano

Los fitoparásitos representan una limitante en la producción del cultivo de plátano, el daño lo producen al alimentarse del sistema radicular, impidiendo que la planta absorba agua, nutrientes y otros compuestos de vital importancia para su funcionamiento (Guillén *et al.*, 2009).

Existen organismos depredadores como hongos, nematodos, microartrópodos, virus y bacterias como *Pasteuria penetrans*, Rickettsias que son enemigos naturales de los nematodos fitoparásitos y que reducen sus poblaciones (Fernanda, 2002).

El uso de nematicidas químicos causa daños en muchos nematodos benéficos, el control de los fitoparásitos es difícil, ya que ellos poseen una cutícula poco permeable que les confiere resistencia a todo agente físico y químico (Andres, 2002).

Los nematodos pueden causar daño directo a las raíces y a los cormos del plátano, producen un crecimiento deficiente de las plantas, hojas más pequeñas y en menor número, frutos de peso reducido, además inducen al volcamiento de las plantas y pudrición del sistema radical (Peña *et al.*, 2004).

Según Gómez (2016), la sintomatología causada por estos fitoparásitos a nivel radicular ocurre de manera inadvertida si no se lleva a cabo el monitoreo de esta plaga y el daño se ve reflejado hasta que se observan los primeros deterioros a nivel aéreo. Los síntomas básicos en la parte aérea son; clorosis, deficiencias nutricionales, defoliaciones, distorsiones de ramas y hojas, marchitez, reducción del crecimiento vegetal y en rendimientos, en la parte del sistema radical se muestran lesiones, pudriciones, acortamiento de raíces, engrosamiento de las puntas, proliferación de raicillas, agallas y deformaciones.

El control de nematodos y el daño que causan se puede llevar a cabo previniendo la infestación, suprimiendo las poblaciones, mitigando sus efectos o por una combinación de todas estas acciones. El control total resulta generalmente difícil y caro (Brown & Kerry, 1987).

3.4 Estrategias de manejo de nematodos en el cultivo de plátano

Según Barron (1997), hay más de 300 especies de hongos nematófagos descritos, encontrados por todo el mundo, incluyendo las regiones polares. Estos son habitantes del suelo; generalmente son más frecuentes en suelos con elevado contenido en materia orgánica. Los hongos nematófagos se dividen en cuatro grupos, dependiendo de su modo de infectar nematodos fitoparásitos, el resultado de la infección es siempre el mismo.

La rotación de cultivos, la eliminación de plantas hospederas, el uso de fertilizantes, la época de siembra y la recolección de cosechas, entre otros, son los métodos de control más utilizados en la agricultura, el objetivo de estas prácticas es reducir las poblaciones por debajo del umbral de daño frente al cultivo susceptible (Fenoll *et al.*, 1997).

Los nematicidas fumigantes actúan en la fase gaseosa del suelo, eliminando gran parte de los organismos vivos, son fitotóxicos de efectos irreversibles por lo que deben aplicarse en pre-plantación, los no fumigantes son, en su mayoría, organofosforados y carbamatos que afectan al sistema nervioso del nematodo, impidiendo su alimentación; no son fitotóxicos, por lo que pueden aplicarse una vez implantado el cultivo; no eliminan totalmente las poblaciones de nematodos, sino que las mantienen a niveles tolerables (Lezaun, 2016).

Los biocontroladores son microorganismos con la capacidad de atacar, matar y digerir nematodos (adultos, juveniles y huevos). Aparte de su habilidad nematófaga, muchos de estos hongos pueden también vivir saprofiticamente en materia orgánica muerta, atacar a otros hongos (micoparásitos) y colonizar raíces de plantas como endófitos. La posibilidad de usar hongos nematófagos para el control biológico de nematodos fitopatógenos es una estrategia muy útil (Casas y Herrera, 2007).

Entre los hongos utilizados como biocontroladores se encuentra *Purpureocillium lilacinum*, anteriormente conocido como *Paecilomyces lilacinus*, este fue encontrado por primera vez en 1966 en huevos de nematodos y posteriormente en Perú se observó mediante investigaciones que parasitan huevos de *Meloidogyne incognita*. Gracias a dichas investigaciones se mostraron resultados prometedores en los que se puede hacer uso de este hongo como uno de los principales controladores biológicos con respecto a poblaciones de nematodos, este hongo tiene la capacidad de penetrar y parasitar huevos, crecer dentro del mismo y destruir su embrión; además de atacar estados juveniles y adultos, controlando muchas especies de nematodos (Salazar *et al.*, 2012).

Otro de los hongos entomopatógenos es *Trichoderma* sp., este es uno de los hongos de mayor importancia dentro del ámbito agrícola debido a las numerosas ventajas que ofrece como agente de control biológico para la protección de cultivos con respecto a los perjuicios que provocan los fitopatógenos causantes de enfermedades y daños de importancia económica (Hernández *et al.*, 2015).

Según Pinzón *et al.*, (2015), a nivel mundial se ha trabajado con este hongo como controlador de nematodos, se ha observado que destruye huevos de *Meloidogyne* spp., en una secuencia de parasitismo que concluye con la completa destrucción a las 72 horas bajo condiciones de laboratorio. En Honduras, Mejía (2007) trabajó con *T. harzianum* como controlador del nematodo nodulador de raíz *Meloidogyne* spp y registró que a los 90 días de haber inoculado el hongo se redujo la población inicial del nematodo en un 41 %.

T. harzianum posee excelentes cualidades para el control biológico de algunas enfermedades fúngicas y para la estimulación natural de raíces jóvenes. *T. harzianum* compite y coloniza las raíces de las plantas, impidiendo la colonización de otro hongo patógeno, su estimulación de raíces es fuerte y sana debido a la secreción de fitohormonas que ayudan al incremento de masa radicular, asimilación de nutrientes y toma de humedad (Romero *et. al.*, 2016).

Trichoderma es un hongo antagonista de patógenos vegetales, se encuentra en la mayoría de los suelos, su crecimiento es favorecido por la presencia de raíces en plantas. Es de fácil aplicación, en semillas, suelos, semilleros y al momento de trasplante, es efectivo contra *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. y *Pythium* spp. A su vez, es buen estimulador del crecimiento radicular (Herrera, 2017).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El estudio se estableció en el período comprendido de mayo a julio del año 2021, en un área experimental establecida por el Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF) de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en la finca El Plantel, en el km 30 de la carretera Tipitapa – Masaya, en el municipio de Nindirí, del departamento de Masaya, en las coordenadas 12°07'18'' latitud norte y 86°05'20'' longitud oeste, a una altura de 100 msnm (Figura 1).

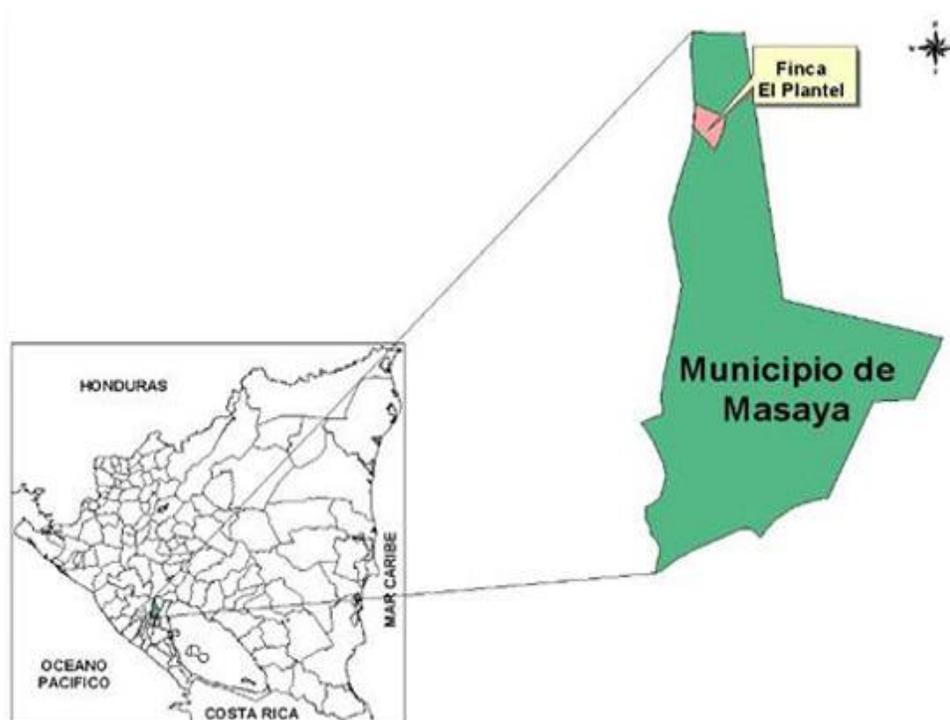


Figura 1. Ubicación del área de estudio, finca El Plantel.

4.2 Descripción de los tratamientos

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos: *P. lilacinum*, *T. harzianum*, la combinación de *P. lilacinum* más *T. harzianum*, pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica* (L.)), y el testigo sin ningún tipo de aplicación. Las dosis fueron aplicadas por vía drench (suelo), cada 21 días para un total de 5 aplicaciones durante todo el periodo de estudio. Los tratamientos se aplicaron por

aspersión en dosis de 300 g ha⁻¹ a una concentración de 1x10⁹ conidias para los hongos entomopatógenos y 30 ml para el extracto botánico de pimienta de Jamaica.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el estudio

| Tratamientos | Descripción de los tratamientos | Dosis ha ⁻¹ |
|--------------|---|------------------------|
| T0 | Sin aplicación | Sin aplicación |
| T1 | <i>Purpureocillium lilacinum</i> | 300 g |
| T2 | <i>Trichoderma harzianum</i> (Cepa T0301) | 300 g |
| T3 | <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i> | 300 g + 300 g |
| T4 | <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill | 30 ml |

4.3 Diseño metodológico

Se utilizó un diseño experimental con distribución de bloques completos al azar (BCA), cada bloque estaba constituido por un surco de 25 plantas, y cada tratamiento estaba compuesto por 5 plantas y 4 repeticiones de cada tratamiento. El área total del experimento fue de 400 m² y cada bloque constó de 25 m² y 4 m² por tratamiento (Anexo 5). La variedad del cultivo utilizada en este estudio fue Cemsa ¾, establecida a una distancia de siembra de 2 m entre planta y 2 m entre surco, para un total de 200 plantas en toda el área de estudio (0.04 ha).

4.4 Manejo agronómico y fitosanitario del ensayo

El manejo agronómico y fitosanitario estuvo a cargo del técnico de campo asignado por la UNA.

4.5 Procesamiento de muestras de raíz y suelo en el laboratorio

Procesamiento de las muestras de raíz (material vegetal):

- Utilizando una balanza electrónica tomamos 20 g del material vegetal.
- Los 20 g de raíces infectadas fueron lavados y cortados en trozos de 1 a 2 cm de largo y los colocamos en la licuadora junto con 100 ml de agua.
- Maceramos en la licuadora por 30 segundos.
- Decantamos la solución obtenida sobre los tamices de 0.425, 0.250, 0.180 y 0.045 mm.

- Retiramos los tamices de 0.425 y 0.250 mm y recogimos los residuos de los tamices de 0.180 y 0.045 mm.
- Con ayuda de una pizeta y 100 ml de agua depositamos la solución en un beaker.

Procesamiento de las muestras de suelo:

- Utilizando una balanza electrónica tomamos 200 g de suelo.
- Depositamos el suelo en un pichel y agregamos 1000 ml de agua, agitándolo.
- Dejamos reposar la suspensión por 30 segundos.
- El sobrenadante lo decantamos cuidadosa y lentamente sobre los cuatro tamices (en orden descendente: 0.425, 0.250, 0.180 y 0.045 mm).
- El suelo que quedaba asentado lo volvíamos a lavar, repitiéndose esta operación tres veces más.
- Con un poco de agua lavamos los residuos que quedaron sobre los dos tamices superiores (de mayor diámetro 0.425 y 0.250 mm) para que los nematodos pasaran a los dos tamices inferiores.
- Con la pizeta lavamos los residuos que quedaron en los tamices de menor diámetro (0.180 y 0.045 mm) y los depositamos en un beaker.

4.6 Variables evaluadas

La medición de cada una de las variables de crecimiento se realizó desde los 120 días después de siembra; es decir, en la etapa V3 (plantas con tres hojas verdaderas) del cultivo con un intervalo de 21 días para el levantamiento de datos, hasta los 105 días después de la V3.

Altura de planta en centímetros (cm)

Se midieron las cinco plantas de cada parcela útil con una cinta métrica de 5 m de longitud, ubicándola a la par de la planta de manera vertical, desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo, muy cerca de la hoja bandera.

Diámetro basal de planta en centímetros (cm)

Se midieron las cinco plantas de cada parcela útil con una cinta métrica de 5 m de longitud, el diámetro se midió a una altura de 30 cm de la superficie del suelo.

Área foliar de planta en centímetros cuadrados (cm²)

Se midieron las cinco plantas de cada parcela útil con una cinta métrica de 5 m de longitud, utilizando la ecuación propuesta por Murray (1960), la cual consiste en multiplicar el largo de la hoja por el ancho de la hoja por el factor de corrección 0.80.

$$AF = ((L)(B)(0.80)(N)(0.662))$$

Donde:

L: largo de hoja

B: ancho de hoja

0.80: factor de proporcionalidad propuesto por Murray (1960)

N: número de hojas en la planta

0.662: nuevo factor derivado por Kumar *et al.*, (2002)

4.7 Análisis de datos

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

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Comparación del promedio de *Pratylenchus* sp. en raíz

En el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *Purpureocillium lilacinum* tuvo mejor control con 765 nematodos; seguido por el tratamiento botánico pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) con 770 nematodos; posteriormente el tratamiento *Trichoderma harzianum* con 775 nematodos; consecutivamente la combinación de los hongos *Purpureocillium lilacinum* más *Trichoderma harzianum* con 787.5 nematodos; y finalmente el testigo con 925 nematodos (Cuadro 2).

En un estudio realizado por Morton *et al.*, (2004), indica que las quitinasas y proteasas de *Trichoderma* sp., que son muy similares a las sustancias que producen los hongos nematófagos, poseen un efecto potencial sobre los fitopatógenos.

5.2 Comparación del promedio de *Scutellonema* sp. en raíz

En el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *T. harzianum* tuvo mejor control con 720 nematodos; *P. lilacinum* con 730; *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 737.5; *P. dioica* con 740; y el testigo con 870 nematodos (Cuadro 2).

Estudios realizados por Strobel & Daisy (2003) muestran que las plantas tratadas con una variedad de hongos simbióticos suelen ser más saludables que las plantas no tratadas.

Además, Kiriga, A. W., *et al.*, (2018), en su estudio, indican que los aislados locales de *Trichoderma* spp. y *P. lilacinum* afectaron directa e indirectamente la reproducción de nematodos y la respuesta del huésped, demostrando su potencial de control contra diferentes fitopatógenos en el cultivo de piña (*Ananas comosus*).

5.3 Comparación del promedio de *Rotylenchulus* sp. en raíz

En el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *T. harzianum* tuvo mejor control con 340 nematodos; *P. lilacinum* con 347.5; *P. dioica* con 350; *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 355; y por último el testigo con 570 nematodos (Cuadro 2).

Sierra (2015) en su ensayo, demuestra que el hongo *Pleurotus* spp. fue efectivo para el control de *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp.

5.4 Comparación del promedio de *Helicotylenchus* sp. en raíz

En el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *Pimenta dioica* tuvo mejor control con 210 nematodos; *P. lilacinum* con 212.5; *T. harzianum* con 230; *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 240; y finalmente el testigo con 445 nematodos (Cuadro 2).

Andrés *et al.*, (2012) asegura que los aceites esenciales vegetales (AE) y sus constituyentes tienen un gran potencial en el control de nematodos, ya que pueden utilizarse como nematocidas o pueden servir como compuestos de prueba para el desarrollo de derivados con actividad nematocida.

En otro estudio desarrollado por Pupiro *et al.*, (2018), se comprobó que todos los aceites esenciales evaluados provocaron mortalidad superior al 50 % en diferentes géneros de ácaros. El aceite esencial de *P. dioica* evidenció la mayor actividad acaricida, debido a que causó una mortalidad mayor al 90 %, transcurridas 72 horas de la aplicación.

Aunque las poblaciones de todos estos géneros de nematodos (*Pratylenchus* sp., *Scutellonema* sp., *Rotylenchulus* sp., *Helicotylenchus* sp.) disminuyeron considerablemente con las aplicaciones de los biológicos (*P. lilacinum* y *T. harzianum*), las aplicaciones con *P. dioica* también redujeron significativamente las poblaciones en raíz.

Cuadro 2. Promedios de los diferentes géneros de nematodos encontrados en raíz

| Tratamiento | <i>Pratylenchus</i> sp. | <i>Scutellonema</i> sp. | <i>Rotylenchulus</i> sp. | <i>Helicotylenchus</i> sp. |
|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | Media±ES | Media±ES | Media±ES | Media±ES |
| Testigo | 925±18.12 b | 870±18.05 b | 570±18.05 b | 445±18.05 b |
| <i>P. lilacinum</i> | 765±18.12 a | 730±18.05 a | 347.5±18.05 a | 212.5±18.05 a |
| <i>T. harzianum</i> | 775±18.12 a | 720±18.05 a | 340±18.05 a | 230±18.05 a |
| <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i> | 787.5±18.12 a | 737.5±18.05 a | 355±18.05 a | 240±18.05 a |
| <i>P. dioica</i> | 770±18.12 a | 740±18.05 a | 350±18.05 a | 210±18.05 a |
| C.V. | 10.08 | 10.63 | 20.73 | 30.18 |
| p-valor | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| F; gl; n | 14.03; 19; 20 | 11.90; 19; 20 | 31.31; 19; 20 | 30.69; 19; 20 |

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

5.5 Comparación del promedio de *Pratylenchus* sp. en suelo

En el análisis de varianza realizado para el género *Pratylenchus* se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. El tratamiento *T. harzianum* tuvo mejor control con 1030 nematodos; seguido de *P. lilacinum* con 1130; *P. dioica* con 1140; *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 1185; y en último lugar el testigo con 1325 nematodos (Cuadro 3).

Un estudio realizado por López *et al.*, (2015), indica que *Trichoderma* posee mecanismos de fitoestimulación que promueven la ramificación de las raíces y la capacidad de absorción de nutrientes, impulsando así el crecimiento y rendimiento de las plantas, aumentando el crecimiento general de la planta, coincidiendo con nuestros resultados.

5.6 Comparación del promedio de *Scutellonema* sp. en suelo

En el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *P. lilacinum* más *T. harzianum* tuvo mejor control con 795 nematodos; seguido de *P. lilacinum* con 810; *T. harzianum* con 825; *P. dioica* con 840; y finalmente el testigo con 1025 nematodos (Cuadro 3).

Maina & Nyoike (2020), confirman que la alta población de *Scutellonema* spp. tiene el potencial de afectar negativamente los componentes de crecimiento y rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays*), su índice de área foliar, la altura de la planta, y el número de hojas funcionales por rendimiento de plantas.

5.7 Comparación del promedio de *Rotylenchulus* sp. en suelo

El análisis de varianza realizado muestra diferencias significativas ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *P. lilacinum* tuvo mejor control con 965 nematodos; seguido por *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 980; *P. dioica* con 993; *T. harzianum* con 1000; y por último el testigo con 1120 nematodos (Cuadro 3).

Huaroto y Valdivia (2018) concluyen que el control biológico con *P. lilacinus* es eficaz para el control de *Meloidogyne* spp. en la prueba de campo, teniendo un control no considerable en la prueba in vitro y en vivero.

5.8 Comparación del promedio de *Helicotylenchus* sp. en suelo

En el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *P. lilacinum* más *T. harzianum* tuvo mejor control con 395 nematodos; seguido de *T. harzianum* con 405; *P. lilacinum* con 420; *P. dioica* con 435; y el testigo con 640 nematodos (Cuadro 3).

Según el ensayo de Kiewnick *et al.*, (2011), el hongo *Purpureocillium lilacinum* (*P. lilacinum*), que anteriormente se conocía como *Paecilomyces lilacinus*, es uno de los hongos filamentosos endofíticos más ampliamente reportados que se utiliza como agente de biocontrol para manejar los nematodos agalladores. Una de las cepas evaluadas por este mismo autor (cepa PL251) se ha utilizado como nematicida biológico en los Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU.).

A diferencia de los resultados obtenidos en las muestras de raíz, en las muestras de suelo observamos que la pimienta de Jamaica no redujo considerablemente la cantidad de nematodos del género *Pratylenchus* sp.; sin embargo, para los otros tres géneros (*Scutellonema* sp., *Rotylenchulus* sp., *Helicotylenchus* sp.) se logró un significativo control, al igual que con los controladores biológicos.

Cuadro 3. Promedios de los diferentes géneros de nematodos encontrados en suelo

| Tratamiento | <i>Pratylenchus</i> sp. Media±ES | <i>Scutellonema</i> sp. Media±ES | <i>Rotylenchulus</i> sp. Media±ES | <i>Helicotylenchus</i> sp. Media±ES |
|--|---|---|--|--|
| Testigo | 1325±18.09 d | 1025±18.04 b | 1120±18.03 b | 640±18.02 b |
| <i>P. lilacinum</i> | 1130±18.09 b | 810±18.04 a | 965±18.03 a | 420±18.02 a |
| <i>T. harzianum</i> | 1030±18.09 a | 825±18.04 a | 1000±18.03 a | 405±18.02 a |
| <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i> | 1185±18.09 c | 795±18.04 a | 980±18.03 a | 395±18.02 a |
| <i>P. dioica</i> | 1140±18.09 bc | 840±18.04 a | 993±18.03 b | 435±18.02 a |
| C.V. | 6.96 | 9.39 | 7.76 | 17.56 |
| p-valor | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| F; gl; n | 35.18; 19; 20 | 27.32; 19; 20 | 12.26; 19; 20 | 32.23; 19; 20 |

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

5.9 Comparación del promedio de altura de planta de plátano

Al realizar el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0001$) entre los tratamientos. En el cuadro 4, se observa que el tratamiento *P. dioica* registró el mayor promedio de altura de planta con 177.85 cm; seguido de *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 173.00 cm; *T. harzianum* con 171.70 cm; *P. lilacinum* con 159.40 cm; y el testigo con 126.15 cm.

Cuadro 4. Promedios de altura de planta de plátano

| Tratamiento | Media±ES |
|---|-----------------|
| Testigo | 126.15±3.51 a |
| <i>P. lilacinum</i> | 159.40±3.51 b |
| <i>T. harzianum</i> | 171.70±3.51 c |
| <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i> | 173.00±3.51 c |
| <i>P. dioica</i> | 177.85±3.51 c |
| C.V. | 9.72 |
| p-valor | 0.0001 |
| F; gl; n | 35.58; 19; 20 |

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

Un estudio realizado por Park *et al.*, (2007) logró demostrar una buena actividad nematocida contra *B. xylophilus* con aceites esenciales de una planta de la familia apiáceas (*Trachyspermum ammi*), pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica*) y litsea (*Litsea cubeba*).

5.10 Comparación del promedio de diámetro basal de planta de plátano

Al realizar el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0832$) entre los tratamientos. El análisis determinó que el tratamiento *P. dioica* registró el mayor diámetro basal de planta con 52.70 cm; seguido por *T. harzianum* con 52.10 cm; el testigo con 51.20 cm; *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 51.10 cm; y en último lugar *P. lilacinum* con 46.90 cm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedios de diámetro basal de planta de plátano

| Tratamiento | Media±ES |
|---|-----------------|
| Testigo | 51.20±1.56 ab |
| <i>P. lilacinum</i> | 46.90±1.56 a |
| <i>T. harzianum</i> | 52.10±1.56 b |
| <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i> | 51.10±1.56 ab |
| <i>P. dioica</i> | 52.70±1.56 b |
| C.V. | 13.75 |
| p-valor | 0.0832 |
| F; gl; n | 2.13; 19; 20 |

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

Se ha descubierto que los extractos de plantas que contienen compuestos volátiles, especialmente los aceites esenciales, poseen actividad antimicrobiana, insecticida y nematocida (Marban *et al.*, 1987).

5.11 Comparación del promedio de área foliar de planta de plátano

Al realizar el análisis de varianza, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.0023$) entre los tratamientos. De manera general, se observa que el tratamiento *P. dioica* proporcionó el mayor promedio de área foliar de planta con 6.59 cm²; seguido por *P. lilacinum* más *T. harzianum* con 6.24 cm²; *T. harzianum* con 6.09 cm²; *P. lilacinum* con 5.29 cm²; y el testigo con 4.49 cm² (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedios de área foliar de planta de plátano

| Tratamiento | Media±ES |
|---|-----------------|
| Testigo | 4.49±1.56 a |
| <i>P. lilacinum</i> | 5.29±1.56 ab |
| <i>T. harzianum</i> | 6.09±1.56 bc |
| <i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i> | 6.24±1.56 bc |
| <i>P. dioica</i> | 6.59±1.56 c |
| C.V. | 31.15 |
| p-valor | 0.0023 |
| F; gl; n | 4.49; 19; 20 |

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

En la investigación científica de Martinez *et al.*, (2011) los resultados mostraron un alto efecto toxicológico para el comino, produciendo un 100 % de mortalidad en todas las concentraciones probadas en larvas de *R. microplus*. De manera similar, el aceite esencial de pimienta de Jamaica produjo un 100 % de mortalidad en todas las concentraciones, con la excepción de una disminución espectacular a una concentración del 1,25 %. Por el contrario, no se demostró que el aceite esencial de albahaca sea tóxico contra las larvas de *R. microplus*, confirmando con esto que la *P. dioica* también puede ser usada para el control de ácaros.

VI. CONCLUSIONES

Se comprobó que tanto los hongos Hypocreales (*Purpureocillium lilacinum* y *Trichoderma harzianum*) como el extracto botánico de pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), ejercieron control, ya que redujeron significativamente las poblaciones de los géneros de nematodos fitopatógenos en el cultivo de plátano en raíz y suelo.

Se determinó que el uso de hongos Hypocreales y el extracto botánico favorecieron el crecimiento de la planta, debido a que presentaron las mayores alturas, diámetro basal y área foliar de planta.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar realizando investigaciones haciendo uso principalmente del extracto botánico para incluirlo dentro de las estrategias de manejo de nematodos en el cultivo de plátano.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, M; Reyes, G y Acuña, M. 2004. Métodos alternativos de producción de semilla agámica de plátano (*Musa sp.*). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Andres, M. (2002). Estrategias en el control y manejo de nematodos fitoparásito [https://digital.csic.es/bitstream/10261/128310/1/Estrategias%20en%20el%20control392\(M%C2%AAF%20Andr%C3%A9s\).pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/128310/1/Estrategias%20en%20el%20control392(M%C2%AAF%20Andr%C3%A9s).pdf)
- Andrés, M. F., González-Coloma, A., Sanz, J., Burillo, J., & Sainz, P. (2012). Nematicidal activity of essential oils: a review. *Phytochemistry Reviews*, 11(4), 371-390.
- Barrera, J. L., Cardona, C. E., y Cayón, D. G. (2011). *El cultivo del plátano*. Córdoba: Zenú. Obtenido de Ecofisiología y manejo Cultural sostenible.
- Barron, G. L. (1997). *Temas en Micobiología (Los hongos destructores de nematodos*. Canadá: Canadian Biological Publications Ltd. Obtenido de <https://dcmba.ua.es/es/areas/botanica/hongos-nematofagos.html>
- Brown, R., & Kerry, B. (1987). *Principles and practice of Nematode control in Crops*. Academic Press.
- Buxadé, C., Curt, MD y Durán, JM., (2002). Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. se. ES. v. 1,028 p.
- Casas Flores, S., y Herrera Estrella, A. (2007). Antagonismo de los nematodos parásitos de las plantas por hongos. *La micota, Springer*, 147-157.
- CATIE. (2014). *Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza*. Obtenido de Estudio de poblaciones de Fitonematodos, nematodos de vida libre, hongos endofíticos y su relación con propiedades Físicas y químicas del suelo en el cultivo del plátano: <http://www.repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bistream/11554/4995/1/Estudiodepoblaciones.pdf>
- Daine Hernández-Ochandía, Mayra G. Rodríguez, Belkis Peteira, Ileana Miranda, Yailén Arias, Benedicto Martínez. (2015). Efecto de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg sobre el desarrollo del tomate y *Meloidogyne incognita* (Kofoid Y White) Chitwood <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n2/rpv08215.pdf>
- Espinoza, M. (2015). *Fruticultura* . Obtenido de Cultivo de Musáceas.
- FAO. (2007). *Material de propagación*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i1195s.pdf>

- Fernanda, M. (2002). Estrategias en el control y manejo de nematodos fitopárasitos . En M. Fernanda, *estrategias control y manejo de nematodos fitopárasitos* (págs. 221-227).
- Fenoll, C., Grundler, & F.M.W. (1997). *Cellular and Molecular Aspects of Plant-Nematode Interactions*. Springer Países Bajos: Ohl, S.A. .
- Gómez, E. (2016). *Daños en los cultivos ocasionados por nematodos fitoparásitos*. Obtenido de síntomas causados por fitonematodos : escarlingomez.blogspot.com/2016/10/sintomas-causados-por-nematodos.html?m=1
- Guillén , J., Labarca , J., Casassa Padrón, A., Paredes, C., Casanova, M., y Sandoval, L. (2009). Nematodos Fitoparasíticos asociados al cultivo del Plátano. *UDO aGRÍCOLA*, 9 (1) 199-207.
- Hernández-Ochandía, D., Rodríguez, M. G., Peteira, B., Miranda, I., Arias, Y., y Martínez, B. (2015). Efecto de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg sobre el desarrollo del tomate y *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2), 139-147.
- Herrera, V. B. (2017). *Tricoderma harzianum*. *Ecured*, 206-267.
- Huaroto Palacios, L. E., y Valdivia Pillaca, M. Y. (2018). Efectividad nematicida de *Paecilomyces lilacinus* sobre el cultivo de *Vitis vinifera* y *Capsicum annum*, infestados con *Meloidogyne* spp. “nematodo del nódulo” mayo a agosto del 2018.
- IICA (2004). NICARAGUA: CADENA AGROINDUSTRIAL DEL PLÁTANO. <http://repiica.iica.int/docs/B0030e/B0030e.pdf>
- INFOSTAT, G. U. (2020). CÁLCULO ESTADÍSTICO Y BIOMETRÍA Curso 2020 (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA).
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del plátano. Bogotá, Colombia
- Kiewnick, S., Neumann, S., Sikora, R. A., & Frey, J. E. (2011). Effect of *Meloidogyne incognita* inoculum density and application rate of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 on biocontrol efficacy and colonization of egg masses analyzed by real-time quantitative PCR. *Phytopathology*, 101(1), 105-112.
- Kiriga, A. W., Haukeland, S., Kariuki, G. M., Coyne, D. L., & Beek, N. V. (2018). Effect of *Trichoderma* spp. and *Purpureocillium lilacinum* on *Meloidogyne javanica* in commercial pineapple production in Kenya. *Biological Control*, 119, 27-32.

- Lezaun, I. A. (2016). *Croplife Latin America*. Obtenido de Nematodos Fitoparásitos: una plaga mundial: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia horticultrae*, 196, 109-123.
- Maina, S., & Nyoike Ng'endo, R. (2020). Influence of Spiral Nematodes (*Scutellonema* spp.) on Maize Performance and Growth under Natural Field Infestation in Mwea, Kenya. *International Journal of Agronomy*, 2020.
- Marban-Mendoza, N., Jeyaprakash, A., Jansson, H. B., Damon Jr, R. A., & Zuckerman, B. M. (1987). Control of root-knot nematodes on tomato by lectins. *Journal of Nematology*, 19(3), 331.
- Martínez, Indira Raquel. (2013). *Diagnóstico de poblaciones de fitonemátodos y nematodos de vida libre asociados al cultivo de plátano variedad Hartón enano (AAB) en tres fincas productoras de León y Telica, Nicaragua*. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/5959>
- Martinez-Velazquez, M., Castillo-Herrera, G. A., Rosario-Cruz, R., Flores-Fernandez, J. M., Lopez-Ramirez, J., Hernandez-Gutierrez, R., & del Carmen Lugo-Cervantes, E. (2011). Acaricidal effect and chemical composition of essential oils extracted from *Cuminum cyminum*, *Pimenta dioica* and *Ocimum basilicum* against the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitology research*, 108(2), 481-487.
- Mejia, S. A. (2007). *Control de nematodo nodulador de la raiz (Meloidogyne spp.) en el cultivo de okra americana*. Zamorano, Honduras : Zamorano.
- Moron, S. (2014). *Requerimientos edafoclimaticos del plátano*. Obtenido de Ecología Agrícola: <https://es-slideshare.net/mobile/shamikito/requerimiento-edafoclimatico-del-platano>
- Morton, O., Hirsch, P., & Kerry, B. (2004). Infection of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi—a review of the application of molecular biology to understand infection processes and to improve biological control. *Nematology*, 6(2), 161-170.
- Murray, E. D. E. N. (1960). A two-dimensional growth process. In *Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability: Held at the Statistical Laboratory, University of California, June 20-July 30, 1960 (Vol. 2, p. 223)*. Univ of California Press.
- Naranjo, R. P. (2016). *Manejo Biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias*. Obtenido de Tecnológica en Marcha: <https://dialnet.unirioja.es>

- NiBLACK, T. L. (2015). Applications of Nematode Community Structure Research to Agricultural Production and Habitat Disturbance. 21:437-443. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618967/pdf/437>
- Park, I. K., Kim, J., Lee, S. G., & Shin, S. C. (2007). Nematicidal activity of plant essential oils and components from ajowan (*Trachyspermum ammi*), allspice (*Pimenta dioica*) and litsea (*Litsea cubeba*) essential oils against pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Journal of nematology*, 39(3), 275.
- Peña-Santiago R., Castillo P., Escuer M., Guerrero P., Talavera M., Vieira P. (2004). Tylenchid species (Nematoda, Tylenchida) recorded in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands: A compendium. Monographic Papers on Nematology 2. Servicio de Publicaciones, Universidad de Jaén, Jaén, España. 127 pp. https://www.academia.edu/22875291/Tylenchid_species_Nematoda_Tylenchida_recorded_in_the_Iberian_Peninsula_and_the_Balearic_Islands_A_compendium
- Pérez, W. G. (2018). *Indicadores e Instrumentos Cadena Plátano*. Obtenido de Cadena Plátano: <https://sioc.minagricultura.gov.com>
- Pinzón Espinoza , L., Reyes Oregel, V., y Alejo, J. (2015). Control Meloidogyne Incognita en tomate (*Solanum lycopersicum* l.) con la aplicación de trichoderma harzianum. *Fitosanidad.cu*, 19 (1), 5-11.
- Pupiro-Martínez, L. A., Madruga, Y. P., & Pino-Pérez, O. (2018). Actividad acaricida de aceites esenciales de especies pertenecientes a las familias Myrtaceae, Lamiaceae y Rutaceae sobre *Tetranychus tumidus* Banks. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3).
- Romero, G., Olivera, V., y Rodríguez, D. (2016). *Tricoderma harzianum* como agente de control biológico. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/tricoderma-harzianum-como-agente-t32904.htm>
- Salazar G, C., Betancourth G, C., y Castillo M, A. (2012). EFECTO DE CONTROLADORES BIOLÓGICOS SOBRE EL NEMATODO. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 29 (2) : 81-92.
- Salinas, D. G. (2004). Ecofisiología y Productividad del Plátano (Musa AAB Simmonds). *XVI REUNIÓN INTERBNACIONAL ACORBAT* (págs. 172-183). Oxaca, México: Publicación Especial.
- Strobel, G., & Daisy, B. (2003). Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and molecular biology reviews*, 67(4), 491-502.

Sierra Monroy, J. A. (2015). Evaluación de la acción nematicida in vitro e in vivo de especies de *Pleurotus* spp., sobre los nematodos *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. asociados a los cultivos de tomate y plátano. *Maestría Ciencias Agrarias*.

Valverde, M. (2017). *Comparación de la dinámica poblacional de nematodos en el cultivo de Plátano*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bistream/handle/2238/2763/Comparacióndeladinamicapoblacionaldenematodosenelcultivodeplátano.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de campo

1. Datos generales
 - Cultivo: _____
 - Variedad: _____
 - Fecha establecimiento: _____
 - Fecha finalización: _____
 - Época: _____
 - Año: _____

2. Datos climáticos
 - Textura suelo: _____
 - Pendiente: _____ (%)
 - Profundidad: _____ cm.
 - Zona climática: a) Seca _____ b) Intermedia _____ c) Alta _____
 - T° media: _____
 - Precipitación media _____ mm
 - Altitud _____ msnm
 - Canícula: a) Acentuada _____ b) Moderada _____ c) Benéfica _____

3. Datos de manejo
 - Tipo Siembra: _____
 - Marco Siembra: _____
 - Aplicación de: _____
 - Dosis: _____
 - Observaciones: _____
 - Nematodo que más afectó: _____
 - Incidencia: _____
 - Producto utilizado para su control: _____
 - Dosis: _____
 - Enfermedades detectadas en análisis de muestras: _____

- Incidencia: _____
- Control: _____
- Dosis: _____
- Cosecha (fecha): _____

Anexo 2. Formulario para medición de variable en altura de planta

| Variable de Crecimiento | | | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Altura de planta (cm) | | | | |
| # Planta | 100 - 200 | 200 - 300 | 300 - 400 | 400 - 500 |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

Anexo 3. Formulario para medición de variable en diámetro basal de planta

| Variable de Crecimiento | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Diámetro Basal de Planta (cm) | | | |
| # Planta | 30 - 50 | 50 - 70 | 70 - 90 |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

Anexo 4. Formulario para medición de variable en área foliar de planta

| Variable de Crecimiento | | | | | | |
|----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Largo y Ancho de Hoja (cm) | | | | | | |
| | L | A | L | A | L | A |
| # Planta | 50 - 100 | 80 - 100 | 100 - 150 | 100 - 120 | 150 - 200 | 120 - 140 |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

Anexo 5. Diseño de campo (distribución de los tratamientos)

| | | | | | | |
|-----------|--|-----------|--|-----------|--|-----------|
| T1 | | T4 | | T2 | | T3 |
| | | | | | | |
| T2 | | T1 | | T0 | | T1 |
| | | | | | | |
| T3 | | T0 | | T3 | | T0 |
| | | | | | | |
| T4 | | T2 | | T1 | | T4 |
| | | | | | | |
| T0 | | T3 | | T4 | | T2 |

Donde:

T0: Sin aplicación

T1: *Purpureocillium lilacinum*

T2: *Trichoderma harzianum* (Cepa T0301)

T3: *Purpureocillium lilacinum* + *Trichoderma harzianum*

T4: *Pimenta dioica* (L.) Merrill

Anexo 6. Toma de datos de altura de planta de plátano



Anexo 7. Toma de datos de diámetro basal de planta de plátano



Anexo 8. Extracción de muestra de suelo de una unidad experimental del ensayo



Anexo 9. Procesando muestras de raíz y suelo en el laboratorio de nematología de la UNA



Anexo 10. Centrifuga para separación de nematodos del suelo y del material vegetal



Anexo 11. Muestras de raíz y suelo procesadas

