



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y  
VETERINARIA**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Trabajo de Integración curricular, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención de título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

Efecto de tres alternativas biológicas para el control de *Radophulus similis* en el cultivo de banano zona Babahoyo

**AUTOR:**

Jordy Fernando Pita López

**TUTORA:**

Ing. Agr. Emma Lombeida García, Ph.D

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualización de la situación problemática .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Línea de Investigación de FACIAG .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. El banano (musa x paradisiaca) .....	4
2.1.1. Importancia del cultivo.....	5
2.1.2. Origen del banano .....	5
2.1.2.1 Particularidades del banano .....	6
2.1.2.2. Taxonomía del banano .....	8
2.2. <i>R. similis</i> .....	9
2.2.1. Patogenicidad de <i>R. similis</i> .....	12
2.2.2. Ciclo de vida de <i>R. similis</i> .....	14
2.2.3. Reproducción de <i>R. similis</i> .....	14
2.2.4. Alternativas de control de <i>R. similis</i> .....	15
2.2.4.1. Control químico del <i>R. similis</i> .....	15
2.2.4.2. Control biológico de <i>R. similis</i> .....	16
2.2.4.2.1. <i>P. lilacinus</i> .....	17
2.2.4.2.2. <i>Trichoderma</i> .....	19
2.2.4.2.3. <i>B. subtilis</i> .....	21
2.2.5. Nemátodos en el cultivo de banano y su relevancia en la economía .....	22
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1. Características del sitio experimental.....	23
3.2. Materiales y equipo.....	23
3.2.1. Materiales de invernadero. ....	23
3.2.2. Materiales para extracción de nematodos en el Laboratorio:.....	23
3.3. Métodos. ....	24
3.4. Tratamientos en estudio .....	24

3.5. Diseño experimental .....	25
3.6. Análisis de varianza .....	25
3.7. Factores a estudiar. ....	25
3.7.1. <i>B. subtilis</i> .....	25
3.7.2. <i>T. harzianum</i> .....	25
3.7.3. <i>Paecilomyces</i> .....	25
3.8. Método de Inoculación. ....	25
3.9. Manejo del ensayo .....	26
3.9.1. Inserción de los colinos en el invernadero .....	26
3.9.2. Mezcla del sustrato .....	26
3.9.3. Llenado de fundas .....	27
3.9.4. Trasplante.....	28
3.9.5. Control fitosanitario .....	28
3.9.6. Control de riego.....	29
3.10. Operacionalización de Variable 2023 .....	29
3.11. Aspectos éticos.....	29
3.12. Datos a evaluar .....	30
3.12.1 Altura de plantas .....	30
3.12.2 Numero de hojas .....	30
3.12.3 Peso de raíces por plantas.....	30
3.12.4 Peso de raíces sanas y dañadas .....	30
3.12.5 Densidad poblacional de <i>R. similis</i> en raíces.....	31
3.12.6. Densidad poblacional de <i>R. similis</i> en suelo .....	31
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
4.1. Resultados.....	33
4.1.1. Numero de hojas .....	33
4.1.2 Altura de planta.....	33
4.1.3 Pesos de raíces/planta.....	34
4.1.4 Pesos de raíces dañadas .....	35
4.1.5 Pesos de raíces sanas .....	36
4.1.6 Densidad poblacional de <i>R. similis</i> en 10 g de raíces .....	37
4.1.7 Densidad poblacional de <i>R. similis</i> en 100 cm <sup>3</sup> de suelo.....	38
4.2 Discusión .....	39
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
5.1 Conclusiones .....	41
5.2 Recomendaciones .....	41

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## Tabla de figuras

Figura 1. Particularidades del banano .....	7
Figura 2. Racimo de banano .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3. R. similis en raíz de banano .....	10
Figura 4. Nemátodos en plantaciones de banano .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 5. R. similis en raíces de planta de banano .....	13
Tabla 1. Tratamientos para estudiar, eficiencia de los diferentes controles de nematodos, sobre la densidad poblacional de R. similis. En el cultivo de banano.....	24
Tabla 2. Análisis de la varianza .....	25
Figura 6. Inserción de los colines en el invernadero.....	26
Figura 7. Solarización del sustrato.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 8. Llenado de fundas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 9. Trasplante de las plantas llegadas del vivero.....	28
Tabla 3. Operación de variable.....	29
Figura 10. Numero de hojas .....	33
Figura 11. Altura de planta .....	34
Figura 12. Peso de raíces/planta .....	35
Figura 13. Peso de raíces dañadas.....	36
Figura 14. Peso de raíces sanas .....	37
Figura 15. Densidad poblacional de R. similis en 10 g de raices .....	38
Figura 16. Densidad poblacional de R. similis en 100 cm <sup>3</sup> de suelo .....	39

## RESUMEN

El banano es una de las frutas de mayor relevancia debido a su gran exportación a nivel mundial, el cual satisface millones de personas de diferentes países gracias a la salida que este tiene en el mercado global. Siendo *Radopholus similis* un nematodo fitoparásito que se alimenta de las raíces y tubérculos del banano y otros cultivos alrededor del mundo, afectando el crecimiento y desarrollo de este cultivo, causando pérdidas de rendimiento desde un 25 hasta 100 %. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de tres alternativas biológicas para el control de *R. similis* en el cultivo de banano zona Babahoyo. La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el diseño experimental que se utilizó es completamente al azar con 4 tratamientos (*Trichoderma harzianum*, *Paecilomyces*, *Basillus subtilis* y un testigo absoluto) con 5 repeticiones, con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. En cada tratamiento se realizaron 5 repeticiones con un total de 20 plantas por tratamiento. Se encontró como resultado en las distintas variables estudiadas y de acuerdo a los tratamientos estudiados que el tratamiento *Paecilomyces* fue el que mejor control que se encontró en cuanto densidad poblacional de raíces y suelo, por tanto, favoreció al desarrollo normal de sus raíces, altura de planta y número de hojas. Se concluye que el uso de agentes de control biológico, como hongos, ha mostrado resultados prometedores en la reducción de la población de nematodos y la protección de las plantas de banano.

**Palabras claves:** *Radopholus similis*, controladores biológicos, banano y control.

## SUMMARY

Banana is one of the most important fruits due to its great export worldwide, which satisfies millions of people from different countries thanks to the outlet it has in the global market. *Radopholus similis* is a phytoparasitic nematode that feeds on the roots and tubers of bananas and other crops around the world, affecting the growth and development of this crop, causing yield losses from 25 to 100%. The objective of this research is to evaluate the effect of three biological alternatives for the control of *R. similis* in banana cultivation in the Babahoyo area. The research was carried out at the Faculty of Agricultural Sciences, the experimental design used is completely randomized with 4 treatments (*Trichoderma harzianum*, *Paecilomyces*, *Basillus subtilis* and an absolute control) with 5 repetitions, with the Tukey test at 95% probability. In each treatment, 5 repetitions were carried out with a total of 20 plants per treatment. It was found as a result in the different variables studied and according to the treatments studied that the *Paecilomyces* treatment was the one with the best control found in terms of population density of roots and soil, therefore, it favored the normal development of its roots, height of plant and number of leaves. It is concluded that the use of biological control agents, such as fungi, has shown promising results in reducing the nematode population and protecting banana plants.

Keywords: *Radopholus similis*, biological controllers, banana and control.

## 1. INTRODUCCIÓN

El banano es una de las frutas de mayor relevancia debido a su gran exportación a nivel mundial, el cual satisface millones de personas de diferentes países gracias a la salida que este tiene en el mercado global, de dicha manera este es un producto que mueve mucho la economía mundial, debido a su gran demanda los productores se ven obligados a aumentar su producción de manera que, esta explotación permite la presencia de factores biológicos que afectan al cultivo, generando diversos problemas en los distintos sistemas de producción.

La producción de banano está considerada como uno de los cultivos más rentables y extensos en el mundo, especialmente para América Latina y el Caribe, además de ser considerado como uno de los principales ingresos económicos de las exportaciones agrícolas del Ecuador, la demanda del mismo se basa en la calidad, por lo que es una fruta de gran consumo en muchos países, gracias a sus propiedades compuestas principalmente por macronutrientes y micronutrientes, también contiene fitonutrientes y componentes bioactivos saludables como la vitamina B6.

En Ecuador, la superficie bananera abarca alrededor de 180.333 ha, concentradas principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, El Oro y Esmeraldas. Ecuador se considera como el cuarto productor mundial de esta fruta, siendo la producción anual de banano en la provincia de Los Ríos la más alta con el 43,23% de la producción nacional de este cultivo. Los productores de esta fruta, utilizan diferentes tipos de tecnologías y productos químicos con la finalidad de lograr alcanzar un alto nivel de producción acorde con los costos de producción (Rea 2020).

Según Guamán y Cambisaca (2020) a nivel nacional los Ríos es una de las principales provincias responsables de la producción y comercialización del banano dado que es una de las actividades agrícolas que contribuye significativamente a la economía del país, posicionándose como una de las principales fuentes de ingresos para las familias de la costa ecuatoriana. El cultivo de banano y las industrias relacionadas brindan empleo a más de un millón de hogares, o alrededor de 2,5 millones de personas, estimando alrededor del 17 % de la población actual, siendo dependientes de los ingresos de las industrias bananeras.



*Radopholus similis* es un nematodo fitoparásito que se alimenta de las raíces y tubérculos del banano y otros cultivos alrededor del mundo, afectando el crecimiento y desarrollo de este cultivo, causando pérdidas de rendimiento desde un 25 hasta 100 %. Debido a que estas Musáceas se han propagado tradicionalmente por semilla asexual utilizando cepas (colinos) o (rizomatosas) y debido a que este fitonematodo se caracteriza por la infiltración y movilización en las células de raíces y tubérculos, ha permitido la sustitución del material de siembra infectado como agente primario de su distribución a nivel mundial (Piedrahita 2015).

La importancia de utilizar alternativas para el control de *R. similis* en las zonas de cultivo de banano es decisivo para garantizar la sostenibilidad y productividad del cultivo. Es importante que los agricultores se informen sobre las opciones disponibles y seleccionen las estrategias más adecuadas para su contexto específico, asegurándose de implementar prácticas de manejo de plagas que sean sostenibles y efectivas

### **1.1. Contextualización de la situación problemática**

### **1.2. Planteamiento del problema.**

En la mayoría de las producciones bananeras del país y de la provincia de los Ríos, se ha detectado la presencia de infestaciones de nematodos *R. Similis* perjudicando sus sistemas radiculares, considerando como una amenaza en las producciones bananeras a nivel mundial y local, estos presentan efectos que llegan hacer devastadores en la producción bananera en condiciones favorables. Los daños que ocasionan los nematodos se observan en el deficiente desarrollo de la planta, considerado como la más importante la pudrición del sistema radical.

Se considera que ciertas zonas bananeras pertenecientes al cantón Babahoyo utilizan nematicidas sin antes haber realizado un monitoreo para detectar la presencia de nematodos en sus plantaciones lo cual ha ocasionado un incremento en su población. De manera que obtener un buen manejo integrado de nematodos conlleva a ejecutar una serie de estrategias ante la presencia de *R. similis* se deben evaluar las zonas afectadas con la finalidad de obtener un control excelente.

### **1.3. Justificación**

El banano es cultivado en diferentes países del mundo, en el Ecuador las producciones bananeras tienen un rol importante en la economía del país, ya que este se considera la tercera fuente de ingreso, después del petróleo y el camarón.

Uno de los mayores desafíos en la actualidad en el banano, es establecer modelos de producciones integrales y sostenibles, con miras a obtener los máximos índices de productividad por área sembrada y, a su vez, equilibrar el uso de las alternativas químicas y biológicas disponibles para el control del patógeno. Es un cultivo con altas exigencias sanitarias en el mercado internacional, por tanto, han hecho necesaria la aplicación de un manejo de *R. similis* como parte del sistema de producción. Los controladores biológicos son organismos vivos o productos naturales que ayudan a regular las poblaciones de plagas de forma más equilibrada y sostenible en comparación con los pesticidas químicos. Al utilizar controladores biológicos, se evita el uso de productos químicos tóxicos que pueden dañar el medio ambiente, la fauna no objetivo y afectar la salud humana.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto de tres alternativas biológicas para el control de *R. similis* en banano zona Babahoyo

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de tres productos biológicos en el control de poblaciones de *R. similis*.
- Evaluar el efecto de los productos en la masa radical de la planta y calidad de las mismas.
- Identificar el control biológico que presente mayor control de poblaciones de *R. similis* en el cultivo de banano.

### **1.5. Hipótesis**

**Ho** - La evaluación de los diferentes controles biológicos, no afecta sobre la densidad poblacional de *R. similis*. en el cultivo de banano.

**Ha** - La evaluación de los diferentes controles biológicos, afecta considerablemente sobre la densidad poblacional de *R. similis*. en el cultivo de banano.

### **1.6. Línea de Investigación de FACIAG**

**Dominio:** Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología.

**Líneas:** Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable Biotecnología vegetal y animal.

**Sublínea:** Agricultura sostenible y sustentable.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. El banano (*musa x paradisiaca*)**

Es uno de los frutos que mayormente se consumen a nivel global, posee un alto nivel de comercialización de forma relevante, es muy importante debido a su aporte nutricional en la dieta para los seres humanos, se encuentra compuesto aproximadamente por agua en un 72 %, aporta carbohidratos en el 23 %, proteína en 1 %, mientras que aporta 2.6 % de fibra y tiene 0,5 % de grasas. Esta fruta es muy conocida por su aporte de potasio, consumido mayormente por los deportistas de élite para reducir el problema de calambres o contusiones musculares (Espinosa *et al.* 2019).

Aproximadamente en 120 países, los agricultores se dedican a cultivar toneladas de bananos durante un año, el 80 % de la producción global de este fruto se lo consume dentro de los países, mientras que solo el 10 % de los estados que producen mayormente bananos se dedican a la exportación para otros países que no cultivan esta planta. Es necesario indicar que la economía del Ecuador es basada por la producción y exportación del banano, siendo este el segundo rubro de aporte económico para el país solo por debajo del petróleo y sus derivados (Guzmán *et al.* 2022).

### **2.1.1. Importancia del cultivo**

El banano ocupa el primer lugar entre las frutas tropicales más consumidas a nivel global. Se trata de una planta de naturaleza herbácea, en la que los racimos pueden llegar a tener entre 5 a 20 manos, con un peso de 38 a 50 kg sin raquis. El impacto económico del banano es de suma relevancia para Ecuador, siendo este país un actor principal en su producción. El banano desempeña un papel fundamental en la economía ecuatoriana al constituir la segunda fuente de ingresos estatales. Su influencia es tan marcada que juega un rol clave en el panorama económico del país (Vásquez 2017).

Esta fruta es una de las más comercializadas debido a su reconocido aporte nutricional y energético. Además de su consumo fresco, el banano también tiene un papel industrial significativo, ya que se emplea como materia prima para la fabricación de productos como bananos deshidratados, conservas, cremas, pulpas, harinas, entre otros. La industria bananera es una fuente importante de empleo y ganancias para alrededor de 2 millones de individuos que participan en las diversas fases de su proceso productivo. En el Ecuador sobresale en esta actividad al contribuir con el 30 % de la oferta global de banano, estableciéndose como el principal exportador a nivel mundial. Esta fruta desempeña un papel significativo en las exportaciones totales del país, constituyendo el 10 % del total y siendo el segundo producto de exportación más destacado (León *et al.* 2023).

### **2.1.2. Origen del banano**

Según datos analizados se indica que el origen de esta fruta se originó en el sudeste del continente asiático, específicamente en las regiones de Indonesia, Malasia y Filipinas, donde hasta la fecha actual se continúan cultivando banano. Se supone que desde la edad media los árabes llevaron esta planta o fruto al continente africano y que posiblemente su nombre data de un vocablo árabe donde se determina el significado de “dedo”. Sin embargo, se analiza que esta fruta es originaria de China y que luego pasó a la India, luego que fue traído a la zona del mediterráneo donde se establecieron ciertos cultivos a inicio del siglo VII, posterior a esto se analizó que llegó en el siglo XV a Canarias desde Guinea y que luego los

españoles llevaron hasta la zona del Caribe, Centroamérica y Sudamérica mediante los tiempos de la conquista europea (Zapata *et al.* 2022).

### **2.1.2.1 Particularidades del banano**

En cuanto a sus particularidades botánicas, nos encontramos con una planta herbácea de gran tamaño, con una altura que oscila entre 3.5 y 7.5 metros. Su tallo o rizoma se encuentra en la parte del suelo de manera que este tiene un falso tallo el cual es el troco que sostiene las hojas, flores y frutos adoptando una forma cilíndrica. Estas hojas están dispuestas de manera espiralada y varían en tamaño, con una base que puede ser obtusa, redondeada o subcordada. Tienen una longitud de 1.5 a 3.0 metros, siendo más arrías que espaciosas. La inflorescencia, que adopta la forma de un racimo, es larga y está sostenida por un pedúnculo (Murgueitio *et al.* 2019).

En sus primeras etapas, la bellota se mantiene erguida u oblicua, pero a medida que crece, se inclina hacia abajo. A lo largo de su desarrollo, los frutos presentan una respuesta geo trópica, doblando su dirección. Cuando estos alcanzan la madurez, un solo racimo puede contener de 5 a 10 "manos" de frutas dependiendo la variedad del banano. Cada mano alcanza a tener entre 6 a 15 dedos, los cuales varían en coloración, pasando de un tono amarillo verdoso a amarillo, amarillo-rojizo o incluso rojo, dependiendo de la variedad específica (Murgueitio *et al.* 2019).

En la figura 1. El banano siendo una fruta muy rica y nutritiva, esta presenta particularidades únicas como las que se observan en la imagen, presentando una forma alargada o curvada con una piel gruesa con un sabor muy bueno y una carnosidad blanca o amarillenta.



**Figura 1. Particularidades del banano**

**Fuente:** (EkosNegocios 2021)

El bulbo, conocido comúnmente como cepa, origina un brote vegetativo que surge de la planta. Esta yema experimenta cambios anatómicos que resultan en la formación de un rizoma, el cual se transformará en una nueva planta. El sistema de raíces está combinado por raíces que se distribuyen en capas de unos 30 a 40 cm de profundidad, siendo más abundantes en la capa que se encuentra entre los 15 y 20 cm. Las hojas emergen en una forma enrollada similar a un cigarro, y una vez que han crecido aproximadamente un tercio de su longitud, adquieren un tono de verde oscuro. La producción de hojas se completa al comenzar la fase de florecimiento. La inflorescencia se desarrolla de 7 a 8 meses después de la siembra dependiendo la variedad cultivada. La bellota empieza a salir después de la última hoja en forma de cigarro, esta tiene forma de cono la cual conforme pasan las semanas empiezan a salir las flores por lo cual se ira formando el racimo de modo que eventualmente darán origen a las estructuras denominadas “manos” y “dedos” (Saavedra 2017).

En la figura 2. Se muestran dos racimos de banano y la calidad de la fruta, de manera que se logra apreciar el tamaño de sus manos y grosor de los dedos como también el vigor del mismo.



**Figura 2. Racimo de banano**

**Fuente:** (EkosNegocios 2021)

#### **2.1.2.2. Taxonomía del banano**

La planta del banano pertenece a un conjunto, posiblemente compuesto por más de 30 especies, reconocidas bajo la designación científica genérica de *Musa*. Las especies progenitoras del banano son *Musa* “acuminata” y “balbisiana”, las variantes comestibles del banano surgieron mediante de alteraciones o cruces naturales de una o ambas de estas especies, dando origen a grupos híbridos que son la fuente de los bananos y los plátanos que conocemos. En un paso posterior, los agricultores contribuyeron al proceso al mezclar y seleccionar deliberadamente las variedades más deseables (Cabezas *et al.* 2021).

#### **Taxonomía del banano**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Zingiberales
<b>Familia</b>	Musaceace
<b>Género</b>	<i>Musa</i>
<b>Especie</b>	<i>paradisiaca</i>

**Fuente:** (Cabezas *et al.* 2021).

## 2.2. *R. similis*

Es conocido comúnmente como nematodo barrenador, siendo este un parásito que afecta a varios cultivos como lo es el banano, *R. similis* se asemeja a un gusano este de forma alargada capaz de devastar plantaciones enteras de banano. Este nematodo barrenador fue encontrado por primera vez por August Nathan que es conocido como el padre de la nematología en el año 1981 en Nueva Gales, Fiji. En el año 1892 denominaron a este nematodo como el *Tylenchus similis* donde registró que las hembras fueron analizadas, ya en el año 1915 se determinaron plantaciones de bananos infectados por esta plaga en localidades de Jamaica donde se obtuvieron muestras para realizar un estudio completo de esta especie (Yang *et al.* 2022).

En la figura 3. El daño ocasionado por *R. similis* se lo puede observar a simple vista en una planta que haya sufrido volcamiento por pérdida de su sistema radical, de manera al no tener ese soporte la planta pierde el control de su estabilidad y ante un leve viento esta caerá sin ningún problema.





**Figura 3. *R. similis* en raíz de banano**

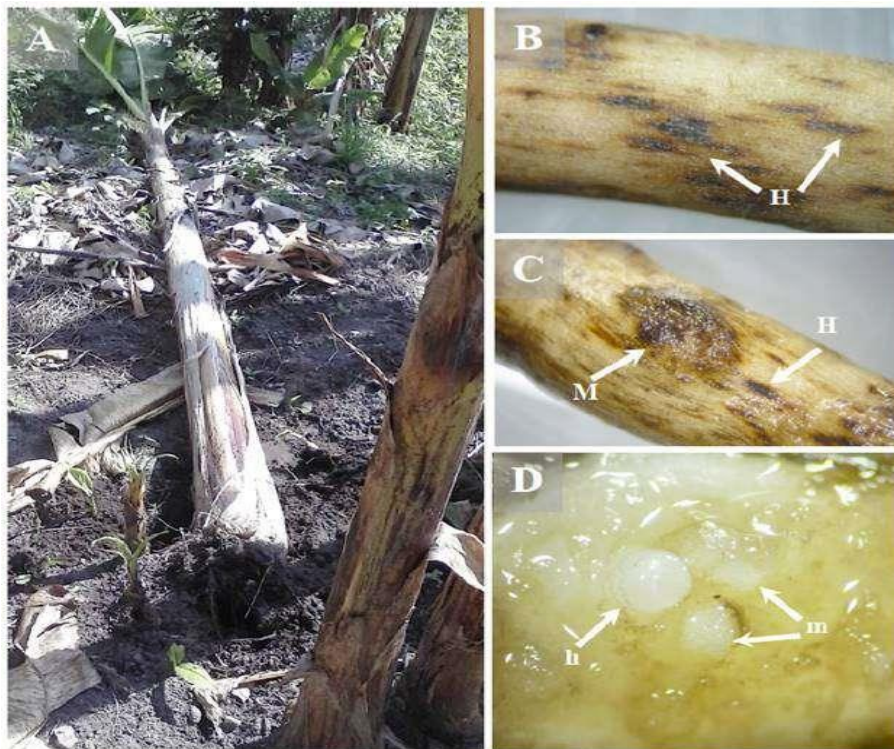
**Fuente:** (Guzmán 2021)

Los nemátodos son gusanos muy delgados miden entre 500 a 600  $\mu\text{m}$  (machos) y 550 a 600  $\mu\text{m}$  con un diámetro de 20 a 24 (hembras), una vez en la planta estos se encuentran dentro de las raíces, a primera vista es imposible observarlos, sin embargo, con la ayuda de un microscopio es visible, permanece en el suelo y se alimentan de la savia que existen en las raíces. Esta plaga origina que existan heridas en las plantas donde permite el paso a otros microorganismos en los cultivos. Estos problemas originan pérdidas en los cultivos, debido a que este nemátodo causa una afectación en la raíz de forma severa, causando que la planta en el momento de la producción se vuelque y pierda el racimo por completo (Mathew *et al.* 2019).

Esta plaga es particularmente problemática en las zonas tropicales donde se realizan los cultivos de banano y plátano por grandes hectáreas. Cuando este nemátodo causa una afectación en las raíces de esta planta, incide en la capacidad para que pueda absorber agua y otros nutrientes desde el suelo, causando así de debilidad en que la reducción de la producción de banano sea mayoritaria, los

síntomas de la infección causan varias alteraciones como en las hojas, falta del desarrollo y crecimiento, origina un marchitamiento en la planta de forma eventual. El control de esta plaga puede ser muy complicada debido a su rápida propagación debido a que se extiende a las demás plantas de manera eficaz, por tanto, aplicar ciertos métodos como el uso de nematicidas como tratamiento del suelo y la planta combate y ayuda en el desarrollo de la planta (Ochieno 2021).

En la figura 4. Como se puede observar vemos como los nematodos afectan las plantaciones de banano, principalmente sus tejidos fundamentales, se puede observar como el daño ocasionado por el *R. similis* provoca daños en las raíces causando laceraciones en ellas y causando volcamiento de las plantas afectadas.



**Figura 4. Nemátodos en plantaciones de banano**

**Fuente:** (Lara & Núñez 2018)

Los síntomas que se presentan en las plantas de banano cuando existe la sospecha de esta enfermedad es la clorosis, pérdida del tamaño o crecimiento de la planta, mala calidad de la fruta y pérdida del sistema radicular. Estas complicaciones se relacionan muy a menudo por déficit nutricional de la planta,

debido a que los nematodos al perforar las raíces hacen que la planta no pueda absorber los nutrientes de manera que se generan pérdidas en cuanto a la producción. En base al diagnóstico para determinar si la plantación de banano se encuentra infestado se debe conocer de acuerdo con la coloración rojiza al interior de la raíz y obteniendo muestras que posteriormente serán analizadas en laboratorio para analizar el respectivo control de la plaga. Es necesario indicar que las muestras se deben recolectar en época de invierno (lluvia) debido a que el suelo debe estar húmedo, se seleccionan aproximadamente 10 plantas que se encuentren en la fase de bellota y 20 plantas por Ha en siembra de proceso monocultivo (Li *et al.* 2021).

### **2.2.1. Patogenicidad de *R. similis***

*R. similis*, en calidad de parásito obligado, depende de tejidos vegetales vivos para su supervivencia. Este nemátodo se clasifica como un endoparásito migratorio, ya que completa su ciclo vital dentro del tejido de las raíces y los cormos. Este proceso se desarrolla en un lapso de 20 a 25 días, en un rango de temperatura que va desde los 24 hasta los 32°C. Su reproducción óptima ocurre en temperaturas de entre 25 y 28°C. El nemátodo penetra la membrana celular y entra principalmente en las proximidades de la capucha radicular, moviéndose a lo largo de las raíces y avanzando hacia el cormo. Una vez allí, genera cavidades o daños que, en situaciones de infestaciones considerables en las raíces, pueden fusionarse y rodearla por completo. Las poblaciones de nematodos en las raíces pueden aumentar rápidamente y disminuir cuando la cantidad de alimento disponible se reduce (Yang *et al.* 2020).

En la siguiente figura 5. Se muestran raíces afectadas por *R. similis* las cuales presentan necrosis, observando como este endoparásito daña el tejido de las raíces al penetrarlas.



**Figura 5. *R. similis* en raíces de planta de banana**

**Fuente:** (UCR – Universidad de Costa Rica 2020)

Los fitonematodos ocasionan la necrosis y el fallecimiento de las raíces, así como de los tejidos del cormo, lo que resulta en una reducción de la capacidad para absorber agua y nutrientes. Esto conlleva a un impacto negativo en el tamaño y la salud general de las plantas, llevando a una disminución en la superficie foliar y el peso de los racimos. Además, se produce un alargamiento de los intervalos entre los momentos de floración y cosecha (Kisaakye *et al.* 2023).

En última instancia, el debilitamiento del sistema radicular conduce a la pérdida de firmeza en las plantas, lo que puede resultar en su inclinación o volcamiento. Esto puede afectar tanto a plantas jóvenes como adultas, especialmente durante la etapa de floración y cosecha, debido al peso del racimo. Específicamente, condiciones climáticas adversas, como fuertes vientos y lluvias, pueden exacerbar este problema, generando pérdidas económicas sustanciales (Kisaakye *et al.* 2023).

El impacto ocasionado por el nematodo en el sistema de raíces podría propiciar la susceptibilidad de la planta a la infección por hongos y bacterias patógenas para las plantas. En esta línea, se ha encontrado que hongos como *Fusarium moniliforme*, *Fusarium solani*, *Cylindrocarpon musae* y *Acremonium stromaticum* pueden ser aislados de lesiones que son resultado de diversos nematodos endoparásitos migratorios, particularmente *R. similis*. Esto se debe a que estos hongos residen en la flora de las raíces y se introducen en las heridas radicales, lo que implica que no son perjudiciales en ausencia de nematodos. Su capacidad patógena se manifiesta únicamente cuando existen daños en las raíces (Santos *et al.* 2023).

### **2.2.2. Ciclo de vida de *R. similis***

Es importante indicar que el ciclo de vida de *R. similis* o conocido comúnmente como el nemátodo del banano, varía las condiciones de acuerdo con el clima y la temperatura, habitualmente el ciclo de vida de este nemátodo varía de acuerdo con los estadios de huevos, jóvenes o adultos, en condiciones adecuadas de la humedad y temperatura adecuada en el ciclo completo que puede durar entre 20-30 días, no obstante, las temperaturas más bajas (20°C- 15°C <) puede causar ralentizar el desarrollo, mientras que las más elevadas (27°C a 30°C >) puede aumentar rápidamente su desarrollo. Es importante indicar que las cifras se estigmatizan de acuerdo con las variaciones según el medio y las especificaciones de la circunstancia, si necesitas datos más específicos se debe actualizar el tiempo del ciclo de vida del nemátodo (Torres *et al.* 2023).

### **2.2.3. Reproducción de *R. similis***

En términos de la reproducción y ciclo de vida del nemátodo *R. similis*, los huevos eclosionan en juveniles que pasan por varias etapas de desarrollo antes de convertirse en adultos. Los adultos se alimentan de las raíces de las plantas huéspedes y continúan el ciclo reproductivo al poner más huevos. La producción de *R. similis* puede ser un problema en regiones donde se cultivan plátanos y bananos, ya que la plaga puede reducir la calidad y el rendimiento de los cultivos. Para prevenir la propagación y el daño causado por este nemátodo, es importante tomar medidas de manejo adecuadas, como el uso de prácticas de saneamiento,

la selección de material de siembra libre de la plaga, el uso de nematicidas y el fomento de prácticas agrícolas que minimicen la propagación de la plaga (Almursyidi *et al.* 2023).

#### **2.2.4. Alternativas de control de *R. similis***

Las plantas del género *Musa* suelen ser reproducidas a través de métodos de propagación asexual, como los "cormos" o "rizomas". Debido a que los nematodos *Radopholus* y *Pratylenchus* residen en las raíces de estas plantas, se obtienen múltiples muestras con el propósito de garantizar que tanto su exportación como su importación estén libres de estas plagas. El principal medio por el cual esta plaga se propaga es mediante los componentes de siembra o trasplante, es decir, los cormos o rizomas (Mgonja *et al.* 2020).

La propagación de estas plagas se centra en las raíces u órganos vegetales, por lo tanto, es esencial evitar el trasplante de cormos afectados y supervisar cuidadosamente la producción de nuevas plantas. Una estrategia empleada para el manejo de nematodos en cultivos de plátano implica la inmersión de raíces o cormos contaminados en agua a una temperatura de 55°C. El uso de agentes nematicidas es de gran importancia, abarcando tanto opciones químicas como el empleo de métodos de bio-control. Además, mantener bajo control el crecimiento de malezas también contribuye significativamente a reducir la reproducción de estos nematodos (Mgonja *et al.* 2020).

##### **2.2.4.1. Control químico del *R. similis***

Según Mohotti *et al.* (2023) hoy en día el control químico es la forma más adecuada en el control de los nemátodos, estos químicos que se aplican para poder controlar estas plagas resultan ser muy tóxicos, por lo que se necesita de tener el conocimiento necesario y la capacitación pertinente sobre el cuidado y manejo de este químico para reducir los riesgos de complicaciones para el medio ambiente y las personas. Los nematicidas que se utilizan en los cultivos de banana se emplean en 3 ciclos anualmente, donde se emplea una dosis adecuada de 2-3 gramos del ingrediente activo por planta, esto de acuerdo con lo que indica cada producto. Los nematicidas más usados son los que se basan en organofosforados y carbamatos;

- Fenamifos

- Terbufos
- Cadusafos
- Oxamil
- Carbofuran

Las moléculas empleadas como nematicidas en el mercado son sometidas a una rotación trimestral, lo que garantiza que el mismo componente activo no se administre en dos ocasiones durante un lapso de doce meses. Estos productos ejercen su mayor impacto en el proceso reproductivo de los nematodos, en contraste con su efecto sobre su mortalidad. La eficacia de estos tratamientos oscila entre el 50% y el 90%, y su alcance se ve considerablemente influenciado por las características fisicoquímicas del suelo y las condiciones climáticas de la región (Mohotti *et al.* (2023).

Como resultado de estas consideraciones, ha surgido una preferencia por la aplicación de nematicidas en forma líquida, ya que estos presentan una mejor capacidad de absorción a través de las raíces y se ven menos perjudicados por los periodos prolongados de sequía en el momento de su utilización (YANG *et al.* 2023).

Una de las inquietudes fundamentales relacionadas con el empleo de estos productos se centra en el impacto que ejercen sobre la microfauna presente en el suelo, ya que alteran las cadenas alimentarias al eliminar los microorganismos que actúan como adversarios de los nematodos fitoparásitos. Además, el uso incorrecto de una molécula específica suele conllevar a la disminución de su eficacia, debido a su descomposición en metabolitos no perjudiciales a través de la actividad de hongos y bacterias presentes en el suelo (Castillo *et al.* 2023).

#### **2.2.4.2. Control biológico de *R. similis***

En múltiples ocasiones, se ha evidenciado que los suelos que presentan una alta concentración de materia orgánica se caracterizan por poseer cualidades supresivas ante el desarrollo y la actividad de diversos patógenos y nematodos. Esta capacidad supresiva encuentra su base en la presencia de una amplia gama de microorganismos que integran un sistema interconectado de interacciones en la

rizosfera. Aquí, la competencia por recursos alimenticios, la ocupación de nichos y las dinámicas entre depredadores y presas contribuyen a limitar la población de microorganismos con potencial de convertirse en plagas.

El manejo y la utilización de las comunidades microbianas se plantean como enfoques alternativos dentro de los programas de control de plagas que se fundamentan en estrategias de competencia, antibiosis, hiperparasitismo, protección mutua e inducción de resistencia (Sonya *et al.* 2023).

En otro aspecto, se ha comprobado que las raíces de las plantas establecen asociaciones simbióticas con comunidades particulares de microorganismos, los cuales son atraídos mediante secreciones liberadas por la planta y que son emitidas a través de la endorriza. A causa de esto, microorganismos específicos son capaces de colonizar las raíces, generando respuestas defensivas en las plantas que las albergan.

Este tipo de mecanismo de defensa activado, conocido como resistencia sistémica inducida (ISR), se describe como la reacción de la planta ante la presencia y actividad de un agente biológico no patógeno y específico. Esta respuesta tiene como resultado la reducción de la gravedad o la frecuencia de la enfermedad o el daño ocasionado por un patógeno que se encuentra separado espacialmente del agente inductor (Dassou *et al.* 2023).

#### **2.2.4.2.1. *P. lilacinus***

El método de control de plagas que emplea organismos vivos, reconocido como control biológico, representa una alternativa de gestión con numerosas ventajas. Este enfoque no compromete la salud humana, no provoca contaminación ambiental ni de los alimentos, y se revela altamente eficaz cuando se administra de manera adecuada para combatir plagas.

Cuando este método de control incluye productos derivados de microorganismos como hongos, bacterias y virus, se denomina control microbiano. Dos categorías de factores influyen en la eficacia de los bioplaguicidas: uno vinculado al producto, que engloba aspectos como su calidad y concentración, entre otros elementos; y el otro relacionado con su aplicación y manejo, que abarca aspectos como la



dosificación, el método de aplicación y el almacenamiento, entre otros aspectos (Wang *et al.* 2023).

El *P. lilacinus* es un hongo que ejerce control sobre fitonematodos, especialmente en el caso de las especies del nematodo agallador *Meloidogyne* spp. Este hongo actúa como parásito sobre los huevos, los adultos y los quistes de los nematodos. Asimismo, es capaz de impactar a los nematodos móviles que se encuentran fuera del sistema radicular. Esto significa que puede infectar cualquiera de estos estados del ciclo de vida del nematodo, llevándolos a la muerte o interrumpiendo su proceso de desarrollo, lo que a su vez resulta en una reducción de las poblaciones en el entorno agrícola. En situaciones en las que no haya nematodos presentes, el hongo tiene la capacidad de subsistir como saprófito en el suelo (Abdel *et al.* 2019).

En su entorno natural, *P. lilacinus* se halla comúnmente como parte de la comunidad del suelo. Este hongo demuestra su capacidad para subsistir en la materia orgánica del suelo y está habitualmente presente en áreas agrícolas, particularmente en lugares húmedos y en aquellas regiones donde la presencia de plagas es significativa. Si bien *P. lilacinus* también puede ser patógeno para insectos, su mayor relevancia radica en su papel como agente patógeno de fitonematodos, ya que provoca un alto nivel de mortalidad que conduce a la reducción de las poblaciones de estos nematodos en los cultivos (Castillo 2022).

Los productos formulados a partir de *P. lilacinus* actúan como agentes de contacto en la lucha contra los fitonematodos. Este hongo genera unas estructuras conocidas como conidias, las cuales desempeñan el papel principal en la acción sobre los nematodos. Al entrar en contacto con el cuerpo de los nematodos, estas conidias se adhieren a la superficie externa del cuerpo del nematodo. Posteriormente, germinan y desarrollan estructuras especializadas que les permiten penetrar en el cuerpo del nematodo. En el interior del organismo del nematodo, el hongo obtiene sus nutrientes del nematodo y se reproduce de manera activa, invadiendo completamente su cuerpo y provocando una enfermedad que eventualmente conduce a su fallecimiento. En condiciones propicias de humedad,

tras la invasión, las estructuras del hongo emergen del cuerpo del nematodo, generando nuevas conidias sobre su superficie (Lucero y Ospina 2022).

Los productos que contienen *Paecilomyces* no provocan una eliminación instantánea de los nematodos, ya que un período de tiempo transcurra desde la adhesión de las conidias hasta la colonización del hongo en el nematodo. No obstante, una vez que el hongo logra penetrar en el cuerpo del nematodo, se altera el comportamiento de este último, abarcando aspectos como el movimiento, la reproducción y la alimentación. Como resultado, a partir de ese instante, la plaga deja de generar daños en el cultivo, hasta culminar en su eventual muerte (Vásquez y Bolaños 2020).

La utilización de bioplaguicidas basados en *P. lilacinus* para el control de nematodos debe ser considerada como una parte integrante de enfoques de manejo integral de plagas, en lugar de constituir la única medida de control. Por lo tanto, para lograr un control eficaz de los nematodos, el uso de *Paecilomyces* debe combinarse con estrategias preventivas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Realizar una selección apropiada del sitio de siembra.
- Utilizar plantas (procedentes de viveros) libres de nematodos.
- Evitar emplear plantas de vivero provenientes de áreas infestadas con nematodos.
- Emplear material de siembra resistente a nematodos (mediante mejoramiento genético)
- Prevenir el uso de suelo contaminado en viveros.
- Regular el nivel de sombra en las áreas de cultivo.
- Identificar las especies de nematodos presentes y llevar a cabo un monitoreo constante de la población (Triawanati *et al.* 2023).

#### **2.2.4.2.2. *Trichoderma***

Se trata de un hongo facultativo anaeróbico que forma parte de los Deuteromycetes, un grupo caracterizado por no mostrar una fase sexual definida.

Estos hongos pueden encontrarse tanto en suelos tropicales como en los subtropicales. Están clasificados como invasores secundarios oportunistas, con un rápido crecimiento del micelio, capacidad para producir esporas resistentes y enzimas que degradan las paredes celulares, además de generar un efecto antibiótico (Varela *et al.* 2017).

El *Trichoderma* spp. desarrolla tres tipos de estructuras reproductivas: hifas, clamidosporas y conidios, todas ellas activas en la lucha contra fitopatógenos en distintas etapas de su ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la formación de nuevas esporas. *Trichoderma* emplea estrategias de micoparasitismo, antibiosis y competencia directa por recursos y espacio para llevar a cabo su mecanismo de control biológico contra los fitopatógenos (Zin y Badaluddin 2020).

Según Baroncelli *et al.* 2022) el *Trichoderma* es un género de hongos beneficiosos ampliamente utilizado en el manejo de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas. En el contexto del control de *R. similis*, que es un nematodo parásito de las raíces conocido como nematodo del plátano o del banano, el *Trichoderma* se utiliza como agente de control biológico.

El *Trichoderma* tiene la capacidad de establecer relaciones simbióticas con las raíces de las plantas, lo que puede ayudar a reducir la población del nematodo *R. similis*. El *Trichoderma* actúa de varias formas:

- El *Trichoderma* compite por recursos y espacio en la zona de la raíz, dificultando el establecimiento y desarrollo del nematodo *R. similis*.
- Algunas especies de *Trichoderma* pueden actuar como micoparásitos, atacando y parasitando las estructuras del nematodo.
- El *Trichoderma* puede estimular el sistema de defensa de las plantas, haciéndolas más resistentes a los nematodos y otras amenazas.
- Los hongos *Trichoderma* pueden producir compuestos químicos que inhiben directamente el crecimiento y desarrollo del nematodo.

La aplicación de *Trichoderma* como parte de un programa de manejo integrado de plagas puede ayudar a reducir la población de *R. similis* y limitar su

impacto en los cultivos, contribuyendo a una producción agrícola más saludable y sostenible (Mukherjee *et al.* 2022).

#### **2.2.4.2.3. *B. subtilis***

El control biológico se basa en una estrategia de aplicar la utilización de organismos que se basan en reducir las plagas o patógenos, en este caso sobre el control de *R. similis* que se basa en un daño de plantas donde se utiliza *Bacillus* como género de bacterias, dentro de ellas se encuentran los *B. subtilis* y *Bacillus firmus* que han demostrado tener propiedades importantes antagónicas contra los patógenos que se encuentran en el suelo como los nemátodos. Estas bacterias pueden producir antimicrobianos que alteran de forma negativa a los nemátodos y pueden ser usados como controladores biológicos (Ngalimat *et al.* 2021).

Durante el proceso típico se basa en la aplicación de control biológico usando *Bacillus* contra los nemátodos como *R. similis* se aíslan y seleccionan de acuerdo con las cepas de *Bacillus* que han demostrado su eficiencia con los nematodos, estas cepas deben estar seguras para el medio ambiente y las plantas, estas por lo general se cultivan en laboratorios y se producen en gran cantidad. Es importante indicar que la suspensión de *Bacillus* se aplica en el suelo en el perímetro de las plantas que se encuentran afectadas o en el área donde se quiere prevenir la infección de nemátodos, luego se aplican en riego mediante inyección al sueño o por la cobertura de semillas (Tran *et al.* 2022).

Las bacterias de *Bacillus* colonizan la parte del suelo y logran producir compuestos que inhiben el desarrollo y crecimiento de los nemátodos lo que permite la ayuda para disminuir los riesgos y daños al suelo. Es necesario que se aplique un control y seguimiento de los nemátodos para analizar el estado de las plantas y efectuar una evaluación de control biológico para efectuar un ajuste si es requerido. El éxito del control dependerá de varios aspectos importantes como aspectos necesarios de *Bacillus*, así como las condiciones climáticas y las prácticas de manejo (Bağcıoğlu *et al.* 2019).

### **2.2.5. Nemátodos en el cultivo de banano y su relevancia en la economía**

En plantaciones viejas con más de 20 años en adelante, es frecuente encontrar grupos de diferentes especies de nematodos que coexisten, incluyendo a los endoparásitos migratorios como *R. similis* (Cobb) Thorne y *Pratylenchus coffeae* Sher & Allen, los parásitos que se mueven dentro y fuera de la planta, *Helicotylenchus multincinctus* Cobb y *H. dihysteria* Cobb, los parásitos que se asientan en la planta, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood y *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, así como el parásito semi-interno *Rotylenchulus reniformis* (Wram *et al.* 2019).

Según las variaciones en frecuencias y densidades poblacionales a lo largo del año y en las regiones donde se cultiva el banano en cada país, se observa que *R. similis* es la especie de nematodo más predominante, constituyendo entre el 82 % y 97 % de la población en las raíces y cormos. Cuando no se controla esta fitonematodo, se produce una disminución en el peso de los racimos y debido al efecto de volcamiento, se experimenta una reducción en el rendimiento que oscila entre el 60 % y 52 % en la primera y segunda cosecha, respectivamente. No obstante, la merma en el rendimiento podría incluso llegar a un 80 % (Eapen 2022).

Se ha calculado que, en Ecuador, la producción se ve afectada en un rango que va desde un 17 % hasta un 80 % en áreas con más de 20.000 *R. similis* por cada 100 gramos de raíces totales, cuando no se han aplicado nematicidas (Castillo *et al.* 2010)

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Características del sitio experimental.

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), ubicada en el km 7 ½ de la vía Babahoyo-Montalvo en la provincia de Los Ríos, a 8 msnm. En ensayo se realizará en el vivero bajo condiciones controladas.

La zona de Babahoyo presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 26.1 °C, precipitación media anual de 2112,7 mm, humedad relativa de 80.6 % y 596 HI horas de heliofanía promedio velocidad del viento (m/seg) 0.5<sup>1/</sup>

Los trabajos de inoculación se realizaron en el invernadero bajo condiciones controladas, y las evaluaciones de densidades poblacionales de nematodos se efectuaron en el laboratorio de Fitopatología de la FACIAG.

.

### 3.2. Materiales y equipo.

Los materiales utilizados para llevar a cabo el control del *R. similis* en banano fueron.

#### 3.2.1. Materiales de invernadero.

Fundas plásticas

Colines de banano

Sustrato

#### 3.2.2. Materiales para extracción de nematodos en el Laboratorio:

Tabla para separar raíces

Fundas plásticas

Balanza

---

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022). Estación Agrometeorología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Cuchillo  
 Licuadora  
 Reloj Cronometro  
 Tamices # 60, 100 y 400 mesh  
 Vaso de precipitación de 250 cc  
 Pipetas  
 Pizetas  
 Microscopio  
 Cámara Conteo de Nematodos  
 Oxigenador  
 Cuaderno  
 Lapicero  
 Computadora.  
 Llave tipo ducha

### 3.3. Métodos.

En la presente investigación se utilizaron los métodos:

- Inductivo – deductivo
- Deductivo – inductivo
- Experimental.

### 3.4. Tratamientos en estudio

Se evaluaron los tratamientos de la eficiencia de los diferentes controladores biológicos, sobre la densidad poblacional de *R. similis*. En el cultivo de banano, a nivel de invernadero que se muestran en la **tabla 1**.

**Tabla 1. Tratamientos para estudiar, eficiencia de los diferentes controles de nematodos, sobre la densidad poblacional de *R. similis* en el cultivo de banano.**

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1	Biológico ( <i>Trichoderma harzianum</i> )	1lt/ha
T2	Biológico ( <i>Paecilomyces</i> )	2 lt/ha
T3	Biológico ( <i>Basillus subtilis</i> )	1 lt/ha
T4	Testigo Absoluto	

### 3.5. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es completamente al azar con 4 tratamientos con 5 repeticiones, con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. En cada tratamiento se realizarán 5 repeticiones con un total de 20 plantas cada una.

El muestreo de las raíces y suelo se realizó a los 30 días después de la inoculación de los nematodos

### 3.6. Análisis de varianza

**Tabla 2. Análisis de la varianza**

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3
Error experimental	16
Total	19

### 3.7. Factores a estudiar.

En el siguiente estudio se evaluaron la eficiencia de los tres controladores biológicos.

**3.7.1. *B. subtilis*** es una bacteria beneficiosa utilizada en la agricultura como agente de control biológico de nematodos fitoparásitos.

**3.7.2. *T. harzianum*** es un hongo beneficioso para las plantas, ampliamente utilizado como agente de control biológico contra diversos patógenos vegetales. Se utiliza en aplicaciones foliares, tratamiento de semillas y suelo para el control de diversas enfermedades producidas por hongos.

**3.7.3. *Paecilomyces*** es un género de hongos hematófagos que mata los nematodos nocivos por patogénesis en los nematodos. Por tanto, el hongo puede ser utilizado como un bio nematicida para controlar nematodos aplicándolos al suelo. Ahora el género *Paecilomyces* no es considerado monofilético.

### 3.8. Método de Inoculación.

Una vez realizado el trasplante de las plántulas de banano, se dejaron 15 días para proceder a inocular, se colocaron 1000 Juveniles de *R. similis* alrededor de la



planta, retirando un poco de suelo se procedió a verter de manera muy lenta y luego cubrir con el suelo. Durante los primeros días después de inoculación, las plantas fueron regadas con cuidado para evitar que el inóculo se pierda por secamiento o exceso de humedad del suelo.

### **3.9. Manejo del ensayo**

#### **3.9.1. Inserción de los colinos en el invernadero**

Se procedió a limpiar el lugar para luego ubicar los colinos de banano en las cinco camas que utilizamos, en cada cama se colocó 20 colines.



**Figura 6. Inserción de los colines en el invernadero**

#### **3.9.2. Mezcla del sustrato**

En el siguiente paso se procedió a realizar la mezcla del sustrato con tierra de huerto de cacao, los cuales contienen la capacidad de nutrientes que se requirió para que las plantas se adapten a la condición del suelo y no presenten cambios que les cause la muerte, por tal motivo es importante siempre utilizar sustratos ricos en nutrientes y minerales.



**Figura 7. Solarización del sustrato**

### **3.9.3. Llenado de fundas**

Una vez listo el sustrato se procedió a realizar el llenado de fundas, en donde en cada funda de 20 cc se llenó con el sustrato solarizado (**Figura 8**)



### 3.9.4. Trasplante

Para proceder el trasplante se requirió una funda de polietileno de tamaño ( 8 X 12 pulgadas) sin huecos, para que al momento de inocular los nematodos no se escapen al momento del riego.



**Figura 8. Trasplante de las plantas llegadas del vivero**

### 3.9.5. Control fitosanitario

Debido a que existió presencia de sigatoka en los colines de bananos a los 35 días después de haber sido insertados en el invernadero, se procedió a realizar un control fitosanitario, en donde se realizaron dos aplicaciones de tres productos diferentes cada 7 días.

La primera aplicación se la realizo el 31 de julio, donde se utilizó volley mezclado con terco emulsificante, en un litro de agua se aplicó 15 cc de cada uno para 100 plantas.

La segunda aplicación se la realizo el 7 de agosto donde se aplicó mazante con una cantidad de 8 g en 1lt de agua para un total de 100 plantas.

### 3.9.6. Control de riego

El riego de las plantas se lo realizo de manera controlada en donde los primeros 20 días en invernadero, antes de la inoculación se aplicaron 50 cc de agua por planta, después de la inoculación las plantas fueron creciendo y se empezó a aplicar 100 cc por planta cada 1 a 2 días

### 3.10. Operacionalización de Variable 2023

**Tabla 3. Operación de variable**

Tipo de variable		Definición operativa	Dimensiones	Indicadores	Tipo de medición	Instrumentos de medición
<b>Independiente</b>	Efecto del <i>R. similis</i> en el cultivo de banano	Efectos de los productos biológicos aplicados para el control del <i>R. Similis</i>	Determinación de la efectividad que tienen los productos en el control de <i>R. Similis</i>	Dosis de aplicación de cada producto por planta	Cuantitativo	Microscopio Reloj cronometro
<b>Dependiente</b>	Densidad poblacion al de nematodos	Evaluación de la concentración de nematodos por plantas	Actividades por realizar para evaluar los efectos de los nematodos en el cultivo de banano	Porcentajes de rendimientos ante el efecto de <i>R. Similis</i>	Cuantitativo	Observación de datos Tabla de datos

### 3.11. Aspectos éticos

En el contexto de la investigación científica, el plagio consiste en utilizar ideas o contenidos ajenos como si fueran propios. Es plagio, tanto si obedece a un acto deliberado como a un error. La práctica de aspectos éticos, se garantiza de conformidad en lo establecido en el Código de Ética de la UTB.

Para la aprobación de la UIC, se generará un reporte del software anti-plagio, para garantizar la aplicación de aspectos éticos, con los que el estudiante demostrará honestidad académica, principalmente al momento de redactar su trabajo de investigación. Los docentes actuarán de conformidad a lo establecido en el Código de Ética de la UTB, y demostrarán honestidad académica, principalmente al momento de orientar a sus estudiantes en el desarrollo de la UIC.

Artículo 25.- Criterios de Similitud en la Unidad de Integración Curricular. – En la aplicación del Software anti-plagio se deberá respetar los siguientes criterios:

Porcentaje de 0 al 15 %: Muy baja similitud (TEXTO APROBADO)

Porcentaje de 16 al 20 %: Baja similitud (Se comunica al autor para corrección)

Porcentaje de 21 al 40 %: Alta similitud (Se comunica al autor para revisión con el tutor y corrección)

Porcentaje Mayor del 40 %: Muy Alta Similitud (TEXTO REPROBADO)

### **3.12. Datos a evaluar**

#### **3.12.1 Altura de plantas**

Se observó el crecimiento de la planta ante la inserción de los nematodos y la aplicación de los productos a los 30 días después de la inoculación.

#### **3.12.2 Numero de hojas**

Se efectuó un conteo a los 30 días después de la inserción de los nematodos, el número de hojas por plantas.

#### **3.12.3 Peso de raíces por plantas**

Las raíces de cada planta se lavaron con cuidado sobre un tamiz No. 20 y cuando se escurra el agua se registró su peso total por planta, es decir sanas más dañadas

#### **3.12.4 Peso de raíces sanas y dañadas**

Por cada planta se procedió a separar con un cuchillo las raíces sanas de las dañadas, éstas se colocaron en diferentes recipientes y se pesarán las dos categorías de raíces, con el uso de una balanza electrónica.

### **3.12.5 Densidad poblacional de *R. similis* en raíces.**

Se determinaron la densidad poblacional de los nematodos en las raíces donde se utilizó el método de extracción “Licuado-Tamizado” (Triviño *et al.* 2013).

Las raíces que conforman la muestra (cien plantas) se lavaron y con un cuchillo pequeño se separó las raíces funcionales (sanas y las de coloración café rojizo sin tejido necrosado) y no funcionales (color negro o tejido necrosado), se pesaron por separado cuando están poco húmedas especialmente las no funcionales, con estos dos valores se hace el cálculo de porcentaje de raíces funcionales.

Las dos categorías de raíces se cortaron en pedazos de 1 cm de longitud aproximadamente a excepción de las que tienen más de 80 % de tejido necrosado y se homogenizan manualmente, se pesó 25 gramos de raíces totales (funcionales más no funcionales). Se colocaron en una licuadora y se añadió 100 mL de agua común, se licuo a velocidad alta de 10 segundos de intermitencia.

El licuado se pasó por un juego de tres tamices sobrepuestos de arriba hacia debajo de números 60, 100 y 400 (250, 150 Y 38 fln). El primer y segundo tamiz se lavaron por dos y un minuto respectivamente, el sedimento contenido en el tamiz No. 400 se recolecto en un vaso graduado para el cual se lavó con una piceta y se afora en 100 mL, se homogenizo con una bomba de aire y se tomó una alícuota de 2 mL para la identificación y de nematodos en un microscopio con ayuda de contadores - chequeadores.

### **3.12.6. Densidad poblacional de *R. similis* en suelo**

Después de la extracción de las muestras de suelo traídas del campo, este suelo se homogenizo y se colocaron aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> en una funda plástica por cada repetición. En el laboratorio, cada muestra se colocó en una bandeja plástica, se mezcló nuevamente y se midió 100 cm<sup>3</sup> para la extracción de los nematodos, se utilizó el método de “Incubación” (Triviño *et al.* 2013).

En el suelo se colocó en dos platos de aluminio superpuestos de los cuales el primero fue calado y el segundo con base, sobre el primero se colocó una malla fina plástica y una hoja de papel facial; se adicionó agua común y se dejó la muestra en incubación por tres días.

Transcurrido ese tiempo, se eliminó el suelo del primer plato y el contenido agua - nematodos se lo colecto en un vaso de precipitación graduado. De cada muestra o vaso se eliminó el agua excedente a  $100\text{ cm}^3$  con el uso de por un tamiz No. 400, se homogenizo la solución agua-nematodos con una bomba de aire como en raíces, se extrajeron alícuotas de 4 mL se colocaron en cámaras contadoras y se determinó el número de nematodos utilizando un estereomicroscopio y un contador-chequeador.

Por cálculo matemático se obtuvo la densidad poblacional de nematodos existentes en  $100\text{ cm}^3$  de suelo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Numero de hojas

En la figura 10, los resultados se muestran para el número de hojas encontrado en los datos de evaluación, donde se mostró alta significación estadística ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación fue de 9,05. Dentro de los tratamientos utilizados para el control de *R. similis* con una población inicial de 1000 J2, el tratamiento que mayor significancia estadística se obtuvo fue el control de *Paecilomyces* con 7 hojas y el que menor efectividad tuvo al tratamiento testigo al que no se le aplicó producto con un promedio de 6 hojas.

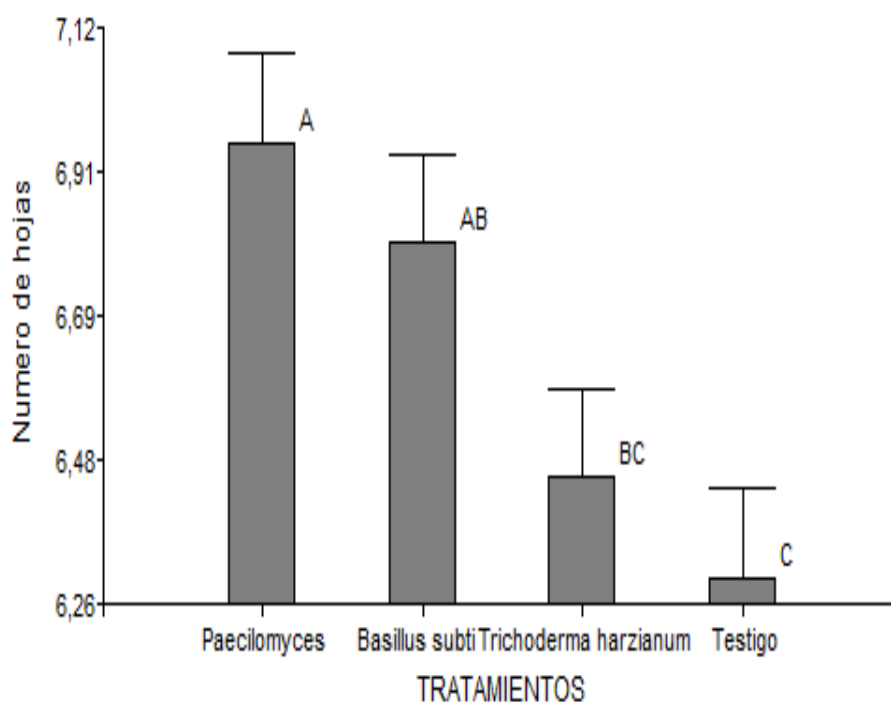


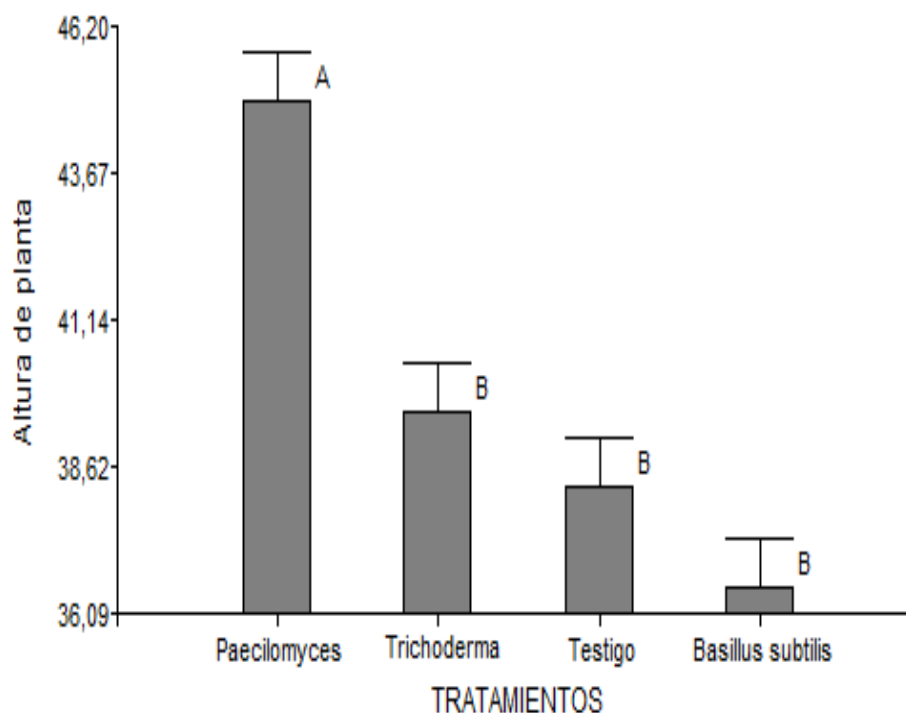
Figura 9. Numero de hojas

#### 4.1.2 Altura de planta

En la figura 11, los resultados se muestran para las alturas de planta encontradas en los datos de evaluación, donde se mostró una alta significación estadística ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación



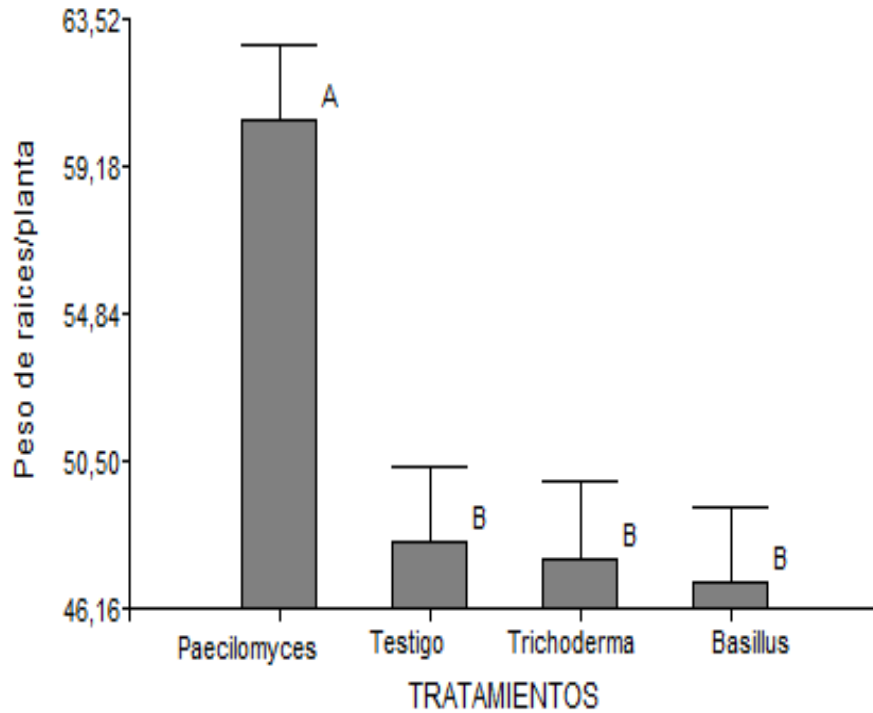
es de 9,41. Entre los tratamientos utilizados *Paecilomyces* fue estadísticamente superior a los demás tratamientos con una media de 44,90 cm, seguido del tratamiento *Trichoderma* con 39,55 cm y el tratamiento que menor efectividad se obtuvo es el que no se aplicó producto (testigo) con un promedio de 36, 55 cm.



**Figura 10. Altura de planta**

#### 4.1.3 Pesos de raíces/planta

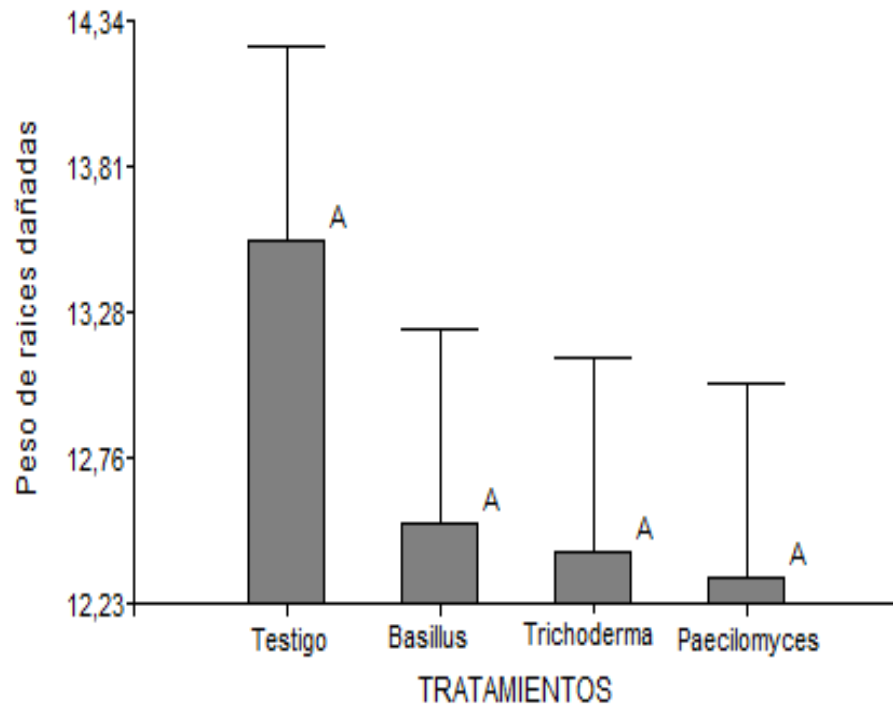
En la **figura 12**, los resultados se muestran para el peso de raíces/plantas encontradas en los datos de evaluación, donde se mostró una alta significación estadística ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación fue de 19,64. Dentro de los tratamientos utilizados *Paecilomyces* fue estadísticamente superior a los demás tratamientos con una media de 60,50 g, seguido del tratamiento testigo con 48,14 g y el tratamiento que obtuvo menor peso de raíces/planta es el *B. subtilis* con un promedio de 46,95 g.



**Figura 11. Peso de raíces/planta**

#### 4.1.4 Pesos de raíces dañadas

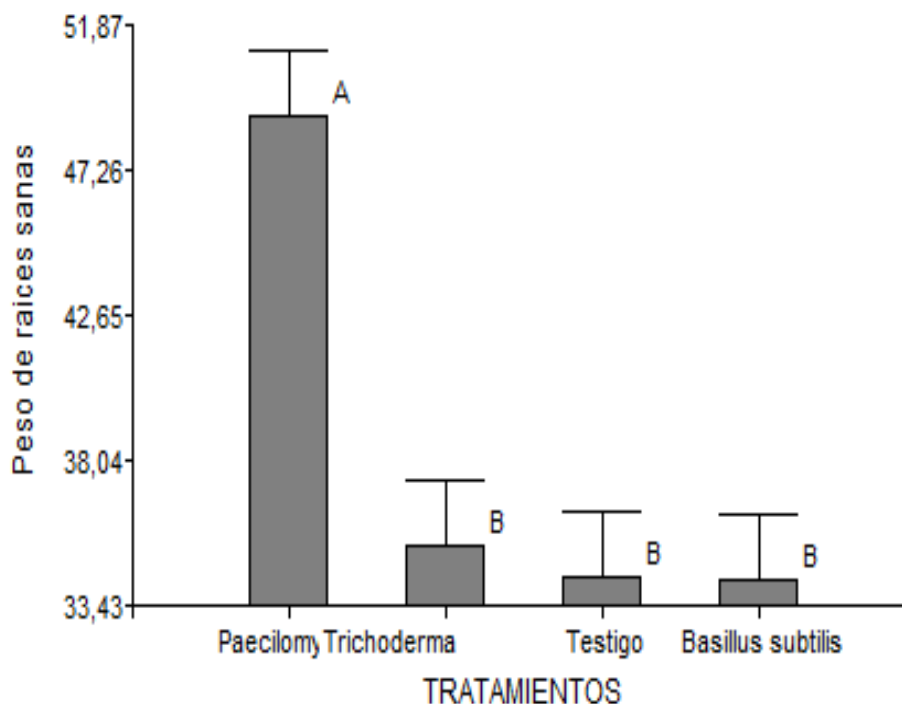
En la **figura 13**, los resultados se muestran para el peso de raíces dañadas encontradas en los datos de evaluación, donde no existe significación estadística entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación fue de 24,72. Entre los tratamientos utilizados el Testigo en el que no se le aplicó producto fue estadísticamente superior en presentar raíces dañadas en comparación a los demás tratamientos con una media de 13,54 g y el tratamiento que obtuvo menor peso de raíces dañadas es el *Paecilomyces* con un promedio de 12,33 g.



**Figura 12. Peso de raíces dañadas**

#### 4.1.5 Pesos de raíces sanas

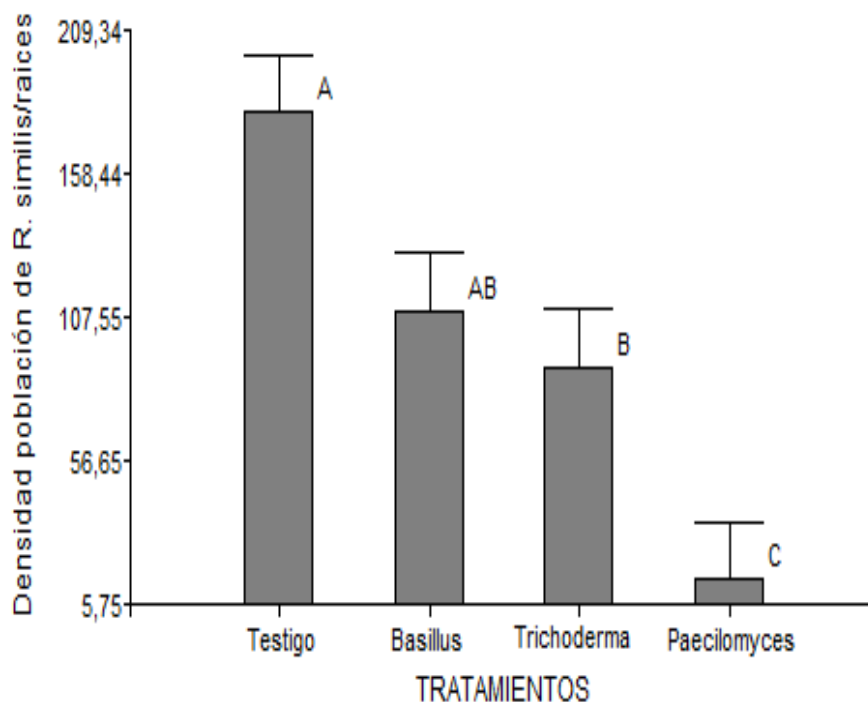
En la figura 14, los resultados se muestran para el peso de raíces sanas encontradas en los datos de evaluación, donde se mostró una alta significancia estadística ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación fue de 23,84. Dentro de los tratamientos utilizados *Paecilomyces* fue estadísticamente superior en presentar raíces sanas en comparación a los demás tratamientos con una media de 49,00 g, seguido del tratamiento *Trichoderma* con una media de 35,38 g y el tratamiento que obtuvo un menor peso de raíces sanas es el *B. subtiles* con un promedio de 34,27 g.



**Figura 13. Peso de raíces sanas**

#### 4.1.6 Densidad poblacional de *R. similis* en 10 g de raíces

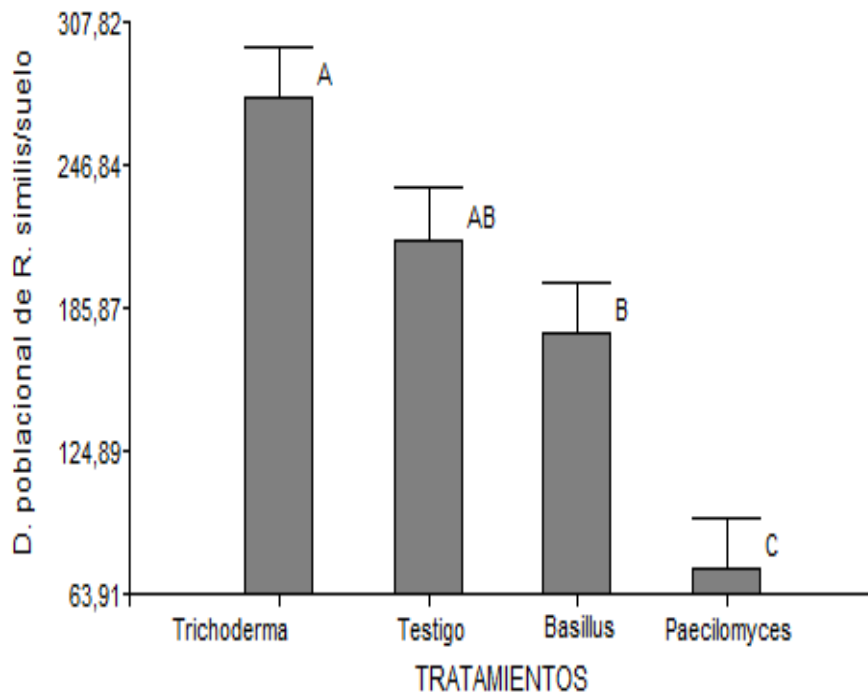
En la figura 15, se muestran los resultados de los análisis nematológico a los 30 días después de la aplicación de los tratamientos, donde podemos notar que existió reducción de poblaciones de *R. similis* en los tratamientos T1, T2, T3 Y T4 cuyas poblaciones iniciales fueron de 1000 *R. similis* por planta. La densidad poblacional de *R. similis* en raíces en los datos de evaluación, donde se mostró una alta significancia estadística ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación fue de 64,88 %. Dentro de los tratamientos utilizados el testigo fue estadísticamente superior en presentar las poblaciones más altas en 10 g de raíces en comparación a los demás tratamientos con una media de 180 *R. similis*, seguido del tratamiento *B. subtilis* con una media de 110 *R. similis* y el tratamiento que obtuvo la menor población de nematodos fue *Paecilomyces* con un promedio de 15 *R. similis*.



**Figura 14. Densidad poblacional de *R. similis* en 10 g de raíces**

#### 4.1.7 Densidad poblacional de *R. similis* en 100 cm<sup>3</sup> de suelo

En la figura 16, se muestran los resultados de los análisis nematológico a los 30 días después de la aplicación de los tratamientos, donde podemos notar que existió reducción de poblaciones de *R. similis* en los tratamientos T1, T2, T3 Y T4 cuyas poblaciones iniciales fueron de 1000 *R. similis* por planta. La densidad poblacional de *R. similis* en el suelo en los datos de evaluación, donde se mostró una alta significancia estadística ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos utilizados. El coeficiente de variación fue de 28,83 %. Dentro de los tratamientos utilizados *Trichoderma* fue estadísticamente superior en presentar las poblaciones más altas en 100 cm<sup>3</sup> de suelo en comparación a los demás tratamientos con una media de 275 *R. similis*, seguido del tratamiento testigo con una media de 215 *R. similis* y el tratamiento que obtuvo la menor población de nematodos fue *Paecilomyces* con un promedio de 75 *R. similis*.



**Figura 15. Densidad poblacional de *R. similis* en 100 cm<sup>3</sup> de suelo**

#### 4.2 Discusión

En este proyecto de investigación se tuvo como finalidad demostrar los efectos de tres alternativas biológicas en el control del nematodo *R. Similis* en el cultivo de banano (variedad Williams), con la finalidad de determinar cuál de los tres productos aplicados nos otorga un mejor resultado.

De este modo concuerdo con lo dicho en un informe realizado por estudiantes de la UNA (2011) donde expreso que, para que las poblaciones de nematodos bajen, y se mantengan debajo el umbral económico, es necesario es la implementación de alternativas agroecológicas que contribuyen a controlar las poblaciones de éstos microorganismos en todas las parcelas, entre las que están la adición de materia orgánica y la aplicación de microorganismos antagonistas a los nematodos, considerando que la evaluación de los diferentes controles biológicos, afecta considerablemente sobre la densidad poblacional de *R. similis*. En el cultivo de banano en condiciones controladas.

En las plantas infectadas por *R. similis*, reduce la absorción de agua y nutrientes, resultando en varios síntomas como amarillamiento de hojas y

disminución del tamaño y longevidad de las plantas, los cuales pueden ser fácilmente confundidos con deficiencias nutricionales. Se concuerda con los dichos por Guzmán (2011).

Los colinos infectados por *R. similis* son de menor tamaño y vigor, con hojas más pequeñas y, en algunos casos, sobresalen del suelo y con el peciolo de las hojas viejas necrótico, diferente a los colinos de las plantas sanas. Las diferencias en los síntomas, son también determinadas por las características químicas y físicas del suelo, disponibilidad de nutrientes, la especie hospedante y el género de fitonematodo involucrado.

Dentro de los cuatro tratamientos manejados para disminuir la densidad poblacional de *R. similis* tanto en raíces como en suelo en banano variedad Williams en condiciones de invernadero se pudo notar que el tratamiento *Paecilomyces* resulto ser el más eficiente, encontrándose poblaciones bajas en relación a los demás tratamientos. Esto se corrobora con lo dicho por Triviño (2004) la eficacia de los hongos antagonistas como *Paecilomyces* sobre *R. similis* en banano en la variedad Williams evaluadas a los 30 días de la aplicación, se encontró una alta significancia en la reducción de la población de *R. similis* bajo condiciones de invernadero en la primera etapa desarrollo de la planta. También se pudo notar una mayor población de nematodos se encontró en suelo con relación a las raíces, esto se puede deber a la forma de alimentarse de *R. similis* y por los exudados que emiten las raíces de la planta o por la presencia de los hongos antagonistas. Resultados similares fueron detectados por Cañizares (2003) donde sugiere que podría existir un mecanismo de control biológico en el suelo, donde los hongos endofíticos podrían estimular a la planta para liberar sustancias que podrían resultar perjudiciales para los nematodos presentes en el suelo. Es importante considerar que el nematodo *R. similis* es capaz de moverse fuera del sistema de raíces en busca de nuevos lugares para parasitar en dicho sistema. Durante esta migración, los exudados de las raíces o las sustancias tóxicas producidas por los hongos podrían incapacitar al nematodo y evitar su colonización en nuevos sitios.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en este trabajo experimental, se pudo extraer las siguientes conclusiones:

- En el presente trabajo se pudo determinar que los tres controladores biológicos utilizados, el que mejor resultados brindó fue el tratamiento con *Paecilomyces*.
- Mediante la evaluación de los resultados se pudo determinar que el tratamiento con mejor calidad y masa radical de la planta fue el *Paecilomyces*.
- Dentro de los tratamientos aplicados, con respecto al análisis de resultados se analizó y observo que el controlador biológico con mejor respondió en el control de poblaciones de *R. similis* el cual fue el *Paecilomyces* de manera que respondió con un mejor peso de raíces planta, sanas y dañadas con buena altura de planta y con el mayor control poblacional de nematos tanto en raíces como en suelo.

### 5.2 Recomendaciones

Se recomienda que los productores bananeros de la zona Babahoyo realicen un muestreo para determinar la presencia de nematodos como el *R. similis* en sus plantaciones bananeras, debido a que en reiteradas ocasiones por el poco conocimiento se opta por aplicar nematicidas sin saber si existe presencia o no de nematodos.

Ante la presencia de nematodos si la situación es baja se recomienda realizar un control cultural, en caso de ser media o moderada se recomienda realizar un control biológico en este caso se recomienda el uso de *Paecilomyces* el cual tiene un buen resultado y si la situación es de alta a muy alta se recomienda el uso de productos químicos para controlar y exterminar las poblaciones de nematodos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almursyidi, H; Munif, A; Triwidodo, H. 2023. The abundance of phytonematodes associated with ginger plants in the District of Bogor, Cianjur, and Sukabumi, West Java. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. s.l., s.e. Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1133/1/012033>.
- Baby, B; Eapen, S. 2022. Multigene Phylogeny of an Indian Isolate of *Radopholus similis* Infecting Black Pepper (*Piper nigrum* L.). *Indian Journal of Nematology* 52(1). Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.5958/0974-4444.2022.00014.2>.
- Bağcıoğlu, M; Fricker, M; Johler, S; Ehling, M. 2019. Detection and identification of *Bacillus cereus*, *Bacillus cytotoxicus*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* and *Bacillus weihenstephanensis* via machine learning based FTIR spectroscopy. *Frontiers in Microbiology* 10(APR). Consultado el 9 de Ago. Disponible en 2023. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00902>.
- Cabezas, W; Freire, C; Davila, D; Morales, A; Hernandez, S. 2021. Producción de papel a partir del banano. *Minerva* 2(5). Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.47460/minerva.v2i5.31>.
- Cañizares, C. 2003. Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en plantaciones comerciales de plátano en la zona de Talamanca. Tesis de Magister. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación Escuela de Posgraduados. Costa Rica. Disponible en [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5562/Study\\_about\\_populations\\_of\\_endophytic\\_fungi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5562/Study_about_populations_of_endophytic_fungi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castillo, A; Astua, R; Jimenez, W; Delgado, J; Salas, E; Araya, M. 2023. *Radopholus similis* Reduced Banana (*Musa AAA*) Leaf Photosynthesis. s.l., s.e.

Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.9734/bpi/rhst/v3/19224d>.

Castillo, T. 2022. Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe* 28(01). Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.5377/ruc.v28i01.14449>.

Castillo-Russi, Juan David, Araya-Vargas, Mario y Patiño-Hoyos, Luis Fernando. 2010. Respuesta a la aplicación de nematicida en banano en la zona de Urabá, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 21 (2), 307-317. Recuperado el 29 de septiembre de 2023, de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000200010&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000200010&lng=en&tlng=es).

Dassou, A; Tovignan, S; Vodouhè, F; Vodouhè, SD. 2023. Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. s.l., s.e. Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03570-w>.

Espinosa, M; Charvet, P; Larrea M. 2019. El banano en el Ecuador: transnacionales, modernización y subdesarrollo. Consultado el 9 de Ago. 2023. Disponible en Elibro.

Guamán, M; Cambisaca, J. 2020. Medición de los resultados económicos en el sector bananero en la provincia de los Ríos, Ecuador (en línea). UTA. Consultado 14 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31147>

Guzmán, J; González, M; Sandoval, J; Calvo, J. 2022. Uso de sensores remotos en la agricultura: aplicaciones en el cultivo del banano. *Agronomía Mesoamericana*. Consultado 9 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48279>.

Kisaakye, J; Fourie, H; Coyne, D; Cortada, L; Khamis, F; Subramanian, S; Masinde, S; Haukeland, S. 2023. Endophytic fungi improve management of the burrowing nematode in banana (*Musa* spp.) through enhanced expression of

defence-related genes. *Nematology* 25(4). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1163/15685411-bja10229>.

León, J; Espinosa, M; Carvajal, H; Quezada, J. 2023. Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7(1). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4981](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981).

Li, J; Xu, C; Yang, S; Chen, C; Tang, S; Wang, J; Xie, H. 2021. A venom allergen-like protein, rsvap, the first discovered effector protein of *radopholus similis* that inhibits plant defense and facilitates parasitism. *International Journal of Molecular Sciences* 22(9). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ijms22094782>.

Lucero, J; Capcha, E. 2022. Hongos nematófagos en el biocontrol de *Meloidogyne exigua* Goeldi en *Coffea arabica* L. var. Catimor, en Satipo – Perú. *Revista Agrotecnológica Amazónica* 2(2). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.343>.

Mathew, R; Burke, M; Opperman, CH. 2019. A draft genome sequence of the burrowing nematode *radopholus similis*. *Journal of Nematology* 51(1). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.21307/jofnem-2019-051>.

Mgonja, D; Temu, G; Ndunguru, J; Mziray, M; Lyantagaye, S; Luambano, N. 2020. Molecular approach to confirm traditional identification of *Radopholus similis* sampled in Tanzania. *Journal of Nematology* 52(1). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-020>.

Mohotti, K; Amarasena, D; Al Mamun, M. 2023. Nematode problems in tea and their sustainable management. s.l., s.e. Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91226-6.00020-1>.

Mukherjee, P; Mendoza, A; Zeilinger, S; Horwitz, B. 2022. Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. s.l., s.e., vol.39. Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.11.004>.

- Murgueitio, E; Campo, M; Nirchio, M; Cuesta, O; Tocto, J. 2019. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL PSEUDOTALLO DE MUSA X PARADISIACA L (BANANO). CIENCIA UNEMI 12(31). Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp19-29p>.
- Ngalimat, M; Yahaya, R; Baharudin, M; Yaminudin, S; Karim, M; Ahmad, S; Sabri, S. 2021. A review on the biotechnological applications of the operational group bacillus amyloliquefaciens. s.l., s.e., vol.9. Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030614>.
- Ochieno, D. 2021. Fusarium oxysporum V5w2 is a non-beneficial endophyte that interacts with Radopholus similis in a wilt disease complex of banana. Scientific African 14. Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01014>.
- Piedrahita, O. 2015. EL NEMATODO BARRENADOR (Radopholus similis [COBB] THORNE) DEL BANANO Y PLÁTANO (en línea). Consultado 14. Jun. 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1909-24742011000200012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-24742011000200012&lng=es&nrm=iso)
- Rea, J. 2020. Evaluación de la eficiencia de enraizadores en el incremento de la masa radical del banano (Musa AAA) y su efecto en las poblaciones de nemátodos (en línea). UTB. Consultado 14 jun.2023. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8431>
- Saavedra, J. 2017. Efectos de las malas prácticas agrícolas sobre el retorno en plantas de banano (musa x paradisiaca l.) Subgrupo cavendish. s.l., s.e. Disponible en libro.
- Santos, J; Faleiro, F; Costa, D; Amorim, E; Silva, S; Cares, J. 2023. Banana horizontal and vertical resistance to the burrowing nematode depends on the level of aggressiveness or virulence of the nematode population. Revista Brasileira de Fruticultura 45. Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1590/0100-29452023070>.

- Sonya, P; Robika, R; Ropalia, R. 2023. Perbandingan Struktur Anatomi dan Kadar Klorofil antara Daun Terinfeksi dan Tidak Terinfeksi Penyakit Kuning pada Tanaman Lada. *Agrikultura* 34(1). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i1.42182>.
- Torres, P; Cotes, A; Echeverría, F; Blanco, F; Sandoval, J; Segura, R; Palomares, J. 2023. Ensilaged biostimulants promoting root health and control of *Radopholus similis* in banana (*Musa AAA*) cv. Grande Naine. *European Journal of Plant Pathology* 165(3). Consultado 10 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02617-4>.
- Tran, C; Cock, I; Chen, X; Feng, Y. 2022. Antimicrobial *Bacillus*: Metabolites and Their Mode of Action. s.l., s.e., vol.11. Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010088>.
- Trianawati, R; Siswoyo, K. 2023. Cellulase Production from *Paecilomyces Lilacinus* ICP1 Using Coffee Pulp as Substrate. s.l., s.e. Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-062-6\\_52](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-062-6_52).
- Triviño, C y Farias E. 2004. Antagonistas nativos para el manejo de *Radopholus similis* en banano. Boletín técnico N° 11. Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias. Guayaquil – Ecuador. Disponible en <https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=anUzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=P7&dq=poblaciones+de+Radopholus+similis+en+raices+y+suelo&ots=neY1ZgvS50&sig=UXnGQHVBGOEYq35n-ROJ2PrI8k#v=onepage&q=poblaciones%20de%20Radopholus%20similis%20en%20raices%20y%20suelo&f=false>.
- Triviño, c., Navia, D., Velasco, L. 2013. Guía para reconocer daño en raíces y métodos de muestreo y extracción de nematodos en raíces y suelo. Yaguachi, Ec. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Boletín Divulgativo No 43 3. 17p.
- Varela, I; Durán, J; Guzmán, T. 2017. Evaluación in vitro de diez cepas de hongos nematófagos para el control de *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita* y

- Radopholus similis. Revista Tecnología en Marcha 30(1). Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3062>.
- Vásquez, R. 2017. El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. AFESE Temas Internacionales 53(53).
- Vásquez, S; Aquino, T. 2020. Biocontrol and Tolerance of Meloidogyne incognita in Tomato Plants. Southwestern Entomologist 45(4). Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3958/059.045.0413>.
- Vicente, I; Baroncelli, R; Hermosa, R; Monte, E; Vannacci, G; Sarrocco, S. 2022. Role and genetic basis of specialised secondary metabolites in Trichoderma ecophysiology. s.l., s.e., vol.39. Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.004>.
- Wang, X; Qiu, S; Zhou, S; Xu, Z; Liu, XT. 2023. Phosphate-Solubilizing Capacity of Paecilomyces lilacinus PSF7 and Optimization Using Response Surface Methodology. Microorganisms 11(2). Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020454>.
- Wareth, A; Ghareeb, M; Aziz, A; Hagrassi, E. 2019. Snailicidal, antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of beauveria bassiana, metarhizium anisopliae and Paecilomyces lilacinus fungal extracts. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries 23(2). Consultado 13 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.21608/ejabf.2019.30550>.
- Wram, C; Hesse, C; Wasala, S; Howe, D; Peetz, A; Denver, D; Humphreys, D; Zasada, I. 2019. Genome announcement: The draft genomes of two radopholus similis populations from Costa Rica. Journal of Nematology 51(1). Consultado 12 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.21307/jofnem-2019-052>.
- YANG, S; LI, J; YANG, S; TANG, S; WANG, H; XU, C; XIE, H. 2023. A chorismate mutase from Radopholus similis plays an essential role in pathogenicity<sup>1</sup>. Journal of Integrative Agriculture. Consultado 13 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.04.040>.
- YANG, S; ZHAO, L; DING, S; TANG, S; CHEN, C; ZHANG, H; XU, C; XIE, H. 2022. Study on burrowing nematode, Radopholus similis, pathogenicity test system

in tobacco as host. *Journal of Integrative Agriculture* 21(9). Consultado 13 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.07.021>.

Yang, S; Zhou, W; Wang, D; Xu, C; Xie, H. 2020. Evaluation of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) for the control of plant parasitic nematodes, *Radopholus similis* (Tylenchida: Pratylenchidae) and *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae). *Biocontrol Science and Technology* 30(3). Consultado 13 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1698713>.

Zapata, C; Paladines, A; León, A; Ramírez, D. 2022. Caracterización del microbioma de plantas de banano (*Musa × paradisiaca* L.) bajo sistemas de producción orgánico y convencional. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* 14(2). Consultado 13 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.18272/aci.v14i2.2298>.

Zin, N; Badaluddin, N. 2020. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. s.l., s.e., vol.65. Consultado 13 de Ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>.

## ANEXOS



**Anexo 1.** Inserción y mezcla del sustrato





## Anexo 2. Inoculación de nematodos



### Anexo 3. Preparación y aplicación de productos Biológicos



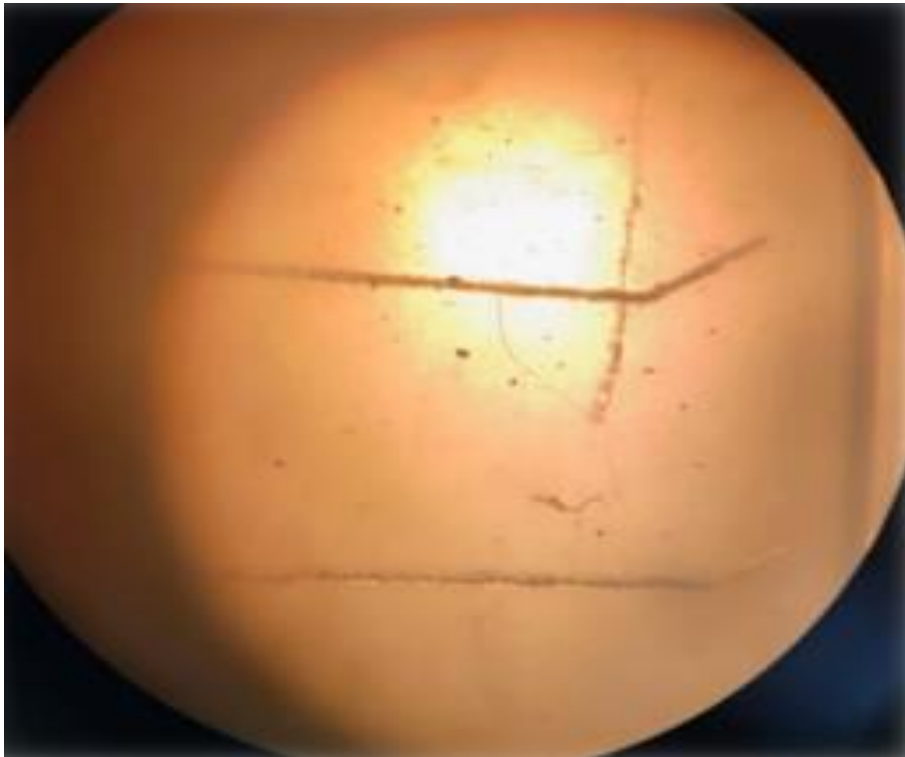
#### Anexo 4. Toma de datos raíces



**Anexo 5.** Toma de datos, muestras de suelo



**Anexo 6.** Toma de resultados (*R. Similis* en raíces y suelo)



## Anexo 7. Cronograma de actividades

Actividades	MES												
	Junio	Julio				Agosto				Septiembre			
	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Limpieza del invernadero	X												
Inserción de colinos	X												
Riego	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Trasplante	X												
División de plantas por tratamientos		X											
Primer desoje				X									
Extracción de los nematodos en laboratorio		X											
Inoculación de juveniles <i>R. Similis</i>		X											
Aplicación de productos Biológicos						X							
Segundo desoje					X								
Toma de datos de las variables										X	X		
Tabulación de los datos											X		
Análisis de información de los resultados											X	X	
Entrega de la tesis													X

## Anexo 8. Presupuesto

<b>Materia prima e insumos</b>	<b>Total</b>
Plántulas de banano	\$75
Transporte de las plántulas de banano hasta la facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG)	\$30
Fundas negras, tamaño 12x18	\$1.90
Sustrato	\$20
Toallas kleenex	\$1.50
Etiquetas para marcar los tratamientos	\$2.50
Estilete	\$1
Bomba de mano 2lt	\$5
Productos 3 controladores biológicos	\$84
Cartel – Gigantografía	\$10
Piola	\$1
<b>Total</b>	<b>\$ 231,9</b>