

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL

EFECTO DE NEMATICIDA QUÍMICO Y BIOLÓGICO MÁS CALOSTRO DEL PSEUDOTALLO PARA MANEJO DE NEMÁTODOS EN EL CULTIVO DE BANANO

ING. AGR. JUAN KEVIN CRUZ MIRANDA

GUAYAQUIL, ECUADOR 2022

SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director CERTIFICO QUE: he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: EFECTO DE NEMATICIDA QUÍMICO Y BIOLÓGICO MÁS CALOSTRO DEL PSEUDOTALLO PARA MANEJO DE NEMÁTODOS EN EL CULTIVO DE BANANO, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el estudiante, Ing. Juan Kevin Cruz Miranda; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

Ing. Daniel Mancero Castillo, PhD. Director de Tesis

Guayaquil, 25 de mayo del 2022

UNIVERSIDAD AGRARIADEL ECUADOR SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DELECUADOR

EFECTO DE NEMATICIDA QUÍMICO Y BIOLÓGICO MÁS CALOSTRO DEL PSEUDOTALLO PARA MANEJO DE NEMÁTODOS EN EL CULTIVO DE BANANO

ING. AGR. JUAN KEVIN CRUZ MIRANDA

TRABAJO DE TITULACIÓN

APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. David Macías Hernández, MSc PRESIDENTE

Ing. Delia Guiracocha Freire, MSc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Iga. Flor Dorregaray Llerena, MSc EXAMINADOR PRINCIPAL

AGRADECIMIENTO

Lograr la culminación de esta etapa académica, no hubiera sido posible sin la intervención de grandes personas. Por ello quiero agradecer en primer lugar a nuestro creador Dios por su bondad y amor infinito y sobre todo por brindarme la valentía y sobre todo la salud para poder completar este nuevo reto.

De igual manera, agradezco a la Universidad Agraria del Ecuador y a sus directivos, por permitir que nos desarrollemos como profesionales del más alto nivel, dejándonos aptos para desenvolvernos de manera eficaz en el campo de la agricultura.

Un fraterno agradecimiento a los docentes que formaron parte del proceso, a mis compañeros que se convirtieron en amigos con el pasar del tiempo, y a cada una de las personas que estuvieron prestas para lograr el cumplimiento y presentación de este proyecto de investigación.

Un sincero y respetuoso agradecimiento a mi tutor de tesis, Ing. Daniel Mancero Castillo PhD., por brindarme gran parte de su amplio conocimiento durante todo momento, permitiendo desarrollar con éxito esta tesis. Y sobre todo por guiarme de forma persistente y acuciosa.

Agradezco a los docentes Ing. Juan Javier Martillo, Ing. Colón Cruz, Ing. Cesar Morán, Ing. Freddy Gavilánez por ser parte fundamental en mi vida profesional, ya que, gracias a la formación adquirida de Uds., en la actualidad soy un hombre de fuertes principios.

DEDICATORIA

Al finalizar una etapa de gran importancia en nuestra vida, los recuerdos que se han generado durante el transcurso de ella se quedaran por siempre en la mente y en el corazón.

Este trabajo de investigación va dedicado con profundo amor a mis padres Sr. Julián Cruz (+) y Luz Emilia Miranda, por ser la luz y mi sostén en todo momento. El cariño con el que me formaron y guiaron en todo momento de mi vida acompañado de su amor infinito, ha permitido forjarme como una persona intachable, fiel a sus ideales y convicciones. A mis hermanas Karina, Juliana, Johana por brindarme su apoyo incondicional para poder convertirme en un excelente profesional. Sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

Al Ing. Daniel Mancero Castillo PhD. Director de tesis, quien, con su guía acompañada de consejos, me encaminó de la mejor manera en la realización del proyecto.

Mi admiración y respeto, para mis amigos Abel, Omar, María cada uno de ustedes. Les dedico Mi esfuerzo y dedicación para la obtención de este triunfo que también es suyo.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

Ing. Agr. Juan Kevin Cruz Miranda 0927310219

RESUMEN

Algunas investigaciones indican que el calostro del pseudotallo junto a productos químicos y biológicos desempeña una acción eficaz contra el ataque de R. similis y H. multicinctus en el cultivo de banano. El principal objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto nematicida con componentes químico y biológico más calostro del pseudotallo para el manejo de R. similis y H. multicinctus. Mediante un diseño de Bloques completamente al azar, con un total de ocho tratamientos (P. fluorescens¹ + calostro, B. subtilis² + Calostro, Abamectina + Tiametoxam 3 + calostro, P. fluorescens + B. subtillis, P. fluorescens, B. subtillis, Abamectina + Tiametoxam y Testigo) y tres repeticiones. Posteriormente se realizó el ANOVA para comparar las medias de las variables mediante la prueba de Tukey (p_{0.05}). los resultados obtenidos indican la media general obtenida de la densidad poblacional de R. similis fue de 3 559,95 nematodos y el nivel crítico es de 2 500. La media general obtenida de la densidad de H. multicinctus fue de 4 445,38 nematodos y el nivel crítico es de 5 000. El calostro del pseudotallo influyo de manera significativa en la eficacia de los tratamientos, trabajando como captador de los nematodos en estudio, y la molécula química Abamectina + Tiametoxam resultaron ser más eficaces que al emplearlas individualmente. El tratamiento 3 fue el más eficaz para el control de R. similis, seguido del tratamiento 1. Para el control de H. multicinctus el tratamiento 1 fue el más eficaz, seguido del tratamiento 3.

Palabras claves: R. similis, H. multicinctus, abamectina, tiametoxam, densidad de población

ABSTRACT

Some research indicates that pseudostem colostrum, together with chemical and biological products, performs an effective action against the attack of R. similis and H. multicinctus in banana crops. The main objective of this research was to evaluate the nematicidal effect with chemical and biological components plus pseudostem colostrum for the management of R. similis and H. multicinctus. Using a completely randomized block design, with a total of eighty treatments (P. fluorescens1 + colostrum, B. subtilis2 + Colostrum, Abamectin + Thiamethoxam 3 + colostrum, P. fluorescens + B. subtillis, P. fluorescens, B. subtillis, Abamectin + Thiamethoxam and Witness) and three repetitions. Subsequently, the ANOVA was performed to compare the means of the variables using the Tukey test (p0.05). the results obtained indicate the general mean obtained from the population density of R. similis was 3,559.95 nematodes and the critical level is 2,500. The general mean obtained from the density of *H. multicinctus* was 4,445.38 nematodes and the critical level is 5 000. The pseudostem colostrum had a significant influence on the efficacy of the treatments, working as a trap for the nematodes under study, and the chemical molecule Abamectin + Thiamethoxam turned out to be more effective than when used individually. Treatment 3 was the most effective for the control of R. similis. followed by treatment 1. For the control of *H. multicinctus*, treatment 1 was the most effective, followed by treatment 3.

Keywords: R. similis, H. multicinctus, abamectin, thiamethoxam, population density

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
Caracterización del tema	17
Planteamiento de la situación problemática	
Justificación e importancia	
Delimitación del problema	
Formulación del problema	
Objetivos	20
Hipótesis o idea a defender	
Aporte técnico o conceptual	20
Aplicación practica	21
	•
CAPÍTULO 1	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Estado del arte	
1.2 Bases científicas y teóricas	
1.2.1 Importancia del cultivo de Banano	
1.2.2 Taxonomía	
1.2.3 Fisiología de la planta de banano	
1.2.4 Nematodos	
1.2.5 Características generales de <i>R. similis</i>	
1.2.6 Control Biológico de <i>R. similis</i>	
1.2.7 Pseudomonas fluorescens	
1.2.9 Control químico	
1.3 Fundamentación Legal	
1.3 Fundamentacion Legal	37
CADITUU O O	
CAPITULO 2	
ASPECTOS METODOLÓGICOS	
2.1 Métodos	
2.2 Variables	39

2.2.3 Operacionalización de las Variables	41
2.3 Población y muestra	42
2.4 Técnicas de recolección de datos	42
2.5 Estadística descriptiva e inferencial	42
2.6 Diseño experimental	42
2.7 Cronograma de actividades	44
RESULTADOS	45
DISCUSIÓN	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDASIONES	54
BIBLIOGRAFIA	55
ANEXOS	63
APENDICE	64

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Tratamientos sin aplicación - testigo	. 64
Anexo N° 2 Tratamiento con aplicación P .fluorescens + B. Subtilis	. 64
Anexo N° 3. Tratamiento con aplicación de abamectina+tiametoxam+calostro.	. 65
Anexo N° 4 Aplicaciones de nematicida a los diferentes tratamientos	. 65
Anexo N° 5 Tratamientos con el producto <i>B.subtilis</i> +calostro	. 66
Anexo N° 6 Tratamientos con el producto abamectina+tiametoxan + calostro	. 66
Anexo N° 7. Tratamiento con aplicación de abamectinca + tiametoxam	. 67
Anexo N° 8. Aplicación de productos nematicidas	. 67
Anexo N° 9. Aplicación de producto en sus respectivos tratamientos	. 68
Anexo N° 10. Identificación de productos para el proyecto de tesis	. 68
Anexo N° 11. Producto Biogen (<i>Pseudomona fluorescens</i>)	. 69
Anexo N° 12. Producto Serenade 1.34 Sc (<i>Bacilus subtilis</i>)	. 69
Anexo N° 13. Producto Solvigo (Abamectina + Tiametoxam)	. 70
Anexo N° 14. Aplicación de productos in vitro en cajas petri	. 70
Anexo N° 15. Identificación de las cajas petri con sus respectivos tratamientos	. 71
Anexo N° 16.cajas petri – testigo	. 71
Anexo N° 17. Identificación de cajas petri - Tratamiento T7	. 72
Anexo N° 18. Identificación de cajas petri - Tratamientos T4	. 72
Anexo N° 19. Peso de suelo esterilizado para sus respectivas cajas petri	. 73
Anexo N° 20. Identificación mediante microscopio de los nemátodos	. 73
Anexo N° 21. Proceso en laboratorio de extracción de los nemátodos	. 74
Anexo N° 22. Extracción de nemátodos en proceso	. 74
Anexo N° 23. Nemátodos en extracción para el respectivo conteo	. 75
Anexo N° 24. Licuado de las raíces para el proceso de extracción	. 75
Anexo N° 25. Licuado de raíces sanas	. 76
Anexo N° 26. Licuado de raíces de banano para su identificación	. 76
Anexo N° 27. Conteo promedio de nemátodos en el microscopio	. 77
Anexo N° 28. Identificación de nemátodos mediante microscopio	. 77
Anexo N° 29. Aplicación de calostro en la secuencia	. 78
Anexo N° 30. Recolección de raíz de banano para su análisis	. 78
Anexo N° 31. Visita del tutor al campo de experimento	. 79
Anexo N° 32. Elaboración de letreros para cada tratamiento	. 79

Anexo N°	33. Recolección de muestras con el tutor Dr. Daniel Mancero	30
Anexo N°	34. Identificación de los nemátodos mediante microscopio	80
Anexo N°	35. Muestras de raíces de banano identificada como bloque 3	81
Anexo N°	36. Bloque de raíces de banano identificada como bloque 2	81
Anexo N°	37. Muestras de raiz de banano identificada como bloque 1	82
Anexo N°	38. Incidencia inicial de los nemátodos en estudio	85
Anexo N°	39. Análisis de densidad final de los nemátodos	86
Anexo N°	40. Fotografías de las muestras analizadas	87
Anexo N°	41. Análisis químico del calostro del pseudotallo	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	1. E	Efica	cia d	le lo	s tra	tamientos	sob	re la d	lens	sidad pobla	acional de R.	sim	ıilis
													46
Gráfico	2.	Efic	acia	de	los	tratamien	tos	sobre	la	densidad	poblacional	de	Н.
multicino	ctus	S											47
Gráfico	3. C	Croa	uis d	е са	oam								63

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Operacionalización de las variables
Tabla 2. ANDEVA42
Tabla 3. Descripción de los tratamientos a evaluar en campo
Tabla 4. Cronograma de actividades
Tabla 5. Densidad poblacional inicial y final de R. similis en el cultivo de banano
sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro de
pseudotallo. Simón Bolívar, 2022
Tabla 6. Densidad poblacional inicial y final de H. multicinctus en el cultivo de
banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro
del pseudotallo. Simón Bolívar, 2021
Tabla 7. Peso de raíces sanas en el cultivo de banano sometido a la aplicación de
rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar
202148
Tabla 8. Peso de raíces dañadas en el cultivo de banano sometido a la aplicación
de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar
2021
Tabla 9. Incremento de altura de la planta secuencia en el cultivo de banano
sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro de
pseudotallo. Simón Bolívar, 2021 50
Tabla 10. Incremento de diámetro de la planta secuencia en el cultivo de banano
sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro de
pseudotallo. Simón Bolívar, 2021 51
Tabla 11. Datos de incremento de altura de la planta
Tabla 12. Análisis de varianza del incremento de altura
Tabla 13. Datos del incremento de diámetro
Tabla 14. Análisis de varianza del incremento de diámetro
Tabla 15. Peso de raíces sanas
Tabla 16. Análisis de varianza de peso de raíces sanas 92
Tabla 17. Peso de raíces dañadas
Tabla 18. Análisis de varianza de peso de raíces dañadas
Tabla 19. Densidad inicial de Radhopholus
Tabla 20. Densidad inicial de Radhopholus (Log 10)

Tabla 21. Análisis de varianza de Densidad inicial de Radhopholus (Log 10)	94
Tabla 22. Densidad final de Radhopholus	96
Tabla 23. Densidad final de Radhopholus (Log 10)	96
Tabla 24. Análisis de varianza de Densidad inicial de Radhopholus log 10	96
Tabla 25. Densidad inicial de Helicotilenchus	97
Tabla 26. Densidad inicial de Helicotilenchus (Log 10)	97
Tabla 27. Análisis de varianza de Densidad inicial de Helicotilenchus (Log 10)	98
Tabla 28. Densidad final de Helicotilenchus	98
Tabla 29. Densidad final de Helicotilenchus (Log 10)	98
Tabla 30. Análisis de varianza de densidad inicial de Helicotilenchus	99

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano (*Musa AAA*), representa uno de los productos con la actividad agrícola de mayor importancia económica y social, no solo por su aporte nutricional debido al alto contenido de potasio, magnesio, fósforo, zinc y calcio; sino también por las fuentes de trabajo e ingresos que genera. Reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) indican que la producción de banano en América Latina y el Caribe alcanzó un total de 27 735 574 toneladas, que corresponde a 2,18% de incremento wyen comparación a la producción del año 2019.

En Ecuador se sembraron aproximadamente 160 571 hectáreas en el 2020 y el rendimiento nacional fue de 37,51 t/ha, lo cual representó un 4,4% de incremento en relación al año 2019 donde se obtuvo un rendimiento nacional de 35,91 t/ha; cabe recalcar que la superficie cosechada para ese año fue mayor de 183 347 hectáreas. La Región Costa es considerada la principal zona de producción de banano, siendo Los Ríos, Guayas y El Oro las provincias con mayor superficie, las cuales suman el 92 %. Los Ríos es la provincia más dedicada a este cultivo, con una producción de 46,89 t/ha; Guayas con el 37,68 t/ha y El Oro con 34,18 t/ha (SIPA, 2021).

El banano es atacado por varios agentes infecciosos, que en alguna manera han causado pérdidas severas, siendo los nemátodos uno de los principales problemas fitosanitarios que alteran el cultivo de banano a nivel mundial, debido a que se alimentan de raíces y cormos de banano y plátano, afectando así el crecimiento y desarrollo de la planta, provocando pérdidas de producción de entre el 20 % y 100 % (Guzman, 2015). Los nemátodos *Radopholus similis* y *Helicotylenchus multicinctus* que se estudiarán en esta investigación, también ocasionan daños de gran importancia en este tipo de cultivo.

Cada vez es mayor la demanda de la reducción de plaguicidas químicos y la introducción de sistemas de control biológico, mediante investigaciones sobre los mismos. La implementación de bacterias para el manejo de nematodos fitoparásitos ha resultado ser una opción biológica muy importante, de la cual disponen, pero aún se requiere seguir desarrollando investigación, ya que muchas veces son

específicos para un patógeno. Por lo que es imprescindible fomentar e investigar la utilización de bacterias con material vegetal, como el calostro del pseudotallo, para que interactúen entre sí para el beneficio de la planta, determinando así la compatibilidad de los mismos (Piedra-Naranjo, 2018).

Dentro de las alternativas biológicas para controlar los daños causados por los nemátodos *Radopholus similis y H. multicinctus*, las cuales se expusieron en la presente investigación, se dispuso de *Pseudomonas fluorescens y B. subtilis*, dos de las bacterias más estudiadas, debido a su particularidad de producir metabolitos como sideróforos, antibióticos, compuestos volátiles, enzimas y fitohormonas (Showkat et al., 2012). Estudios realizados indican que estas bacterias tienen propiedades nematicidas (Álvarez et al., 2015). Otras investigaciones más específicas determinaron que tienen potencial para el control de *R. similis y H. multicinctus* (Nuñez, 2016).

Caracterización del tema

En la actualidad, se han desarrollado diferentes métodos de control para nematodos, de los cuales los químicos han sobresalido a lo largo de la historia, siendo uno de los grandes problemas que presenta la agricultura sostenible para el control de plagas del suelo, sobre todo hongos y nematodos. Debido a que durante su aplicación, una parte importante de estos se libera a la atmósfera, lo que disminuye la concentración de ozono y contribuye también a incrementar el efecto de invernadero en el planeta (Piedra, 2018).

El banano es un cultivo líder en la producción y el comercio agrícola mundial. Según las cifras del 2020, la industria mundial de exportación de banano generó alrededor de 13 500 millones de USD por año (FAOSTAT, 2021). El 30% de la oferta mundial de banano proviene de Ecuador, siendo el mayor exportador en el mundo (Arias et al, 2012). Por lo que existe un antecedente de alto índice de toneladas exportadas en el periodo 2004 - 2021. De acuerdo con los datos del SIPA (2020) se registró 1 187 223 tm exportadas y 0 tm importadas, reflejándose un Balance Comercial positivo de 0,9% (SIPA, 2021).

La práctica de destronque del pseudotallo de la planta madre sirve como reserva de agua y minerales para los hijos de sucesión en desarrollo, sin embargo,

al descomponerse (calostro), podrían atraer plagas y enfermedades de importancia económica (Guerrero et al., 2019). Por lo que surge la idea de desarrollar y comparar los controles químico y biológico junto con el calostro del pseudotallo, brindando condiciones favorables a la planta hijo, activando la flora microbiana y a la vez como captador o cebador de *R. similis y H. multicinctus*; mientras que los agentes de control trabajan sobre el nematodo.

El uso de *P. fluorescens y B. subtilis* para el biocontrol de *R. similis* y *H. multicinctus* resulta ser una eficaz alternativa puesto que es un importante colonizador de la rizosfera de plantas; por suprimir significativamente el crecimiento del nematodo mediante toxinas que segrega y por inducir los mecanismos de defensa que conducen a la resistencia sistémica adquirida (Condemarín *et al.*, 2018). Por lo que resulta ser una alternativa biológica de gran interés y eficiente para el control del patógeno en estudio.

Planteamiento de la situación problemática

El cultivo de banano es atacado por varios nematodos, entre estos existen: los endoparásitos migratorios como *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*; el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus*; el endoparásito sedentario *Meloidogyne spp.* y el semiendoparásito sedentario *Rotylenchulus reniformis* (Espinoza, 2017). Estos nematodos causan un déficit en el crecimiento de las plantas, baja cantidad y tamaño de hojas, reducción del peso del fruto, volcamiento de las plantas y la pudrición del sistema radical (Izquierdo y Armas 2018).

En la finca San Julian, ubicada en el recinto Puerto Real, Simón Bolívar, el ataque de los nemátodos *R. similis* y *Helicotylenchus multicinctus*, ha ocasionado daños significativos a un porcentaje de plantas, que a su vez ha reducido la calidad y tamaño del fruto del banano y a su vez los niveles de producción. Esto ha generado un incremento en los gastos de insumos agrícolas para mantener en buen estado la plantación y a su vez obtener un fruto que cumpla con los estándares de calidad.

Por lo antes expuesto, es de mucha importancia implementar métodos de control biológico mediante las bacterias *P. fluorescens* y *B. subtilis* con el objeto de reducir el daño económico causado por los nematodos para mantener e incrementar los niveles de producción, debido a que la exportación de este cultivo

es imprescindible para el crecimiento del PIB del Ecuador, por lo que las pérdidasw que se reflejen afectaran directamente a la economía del país. En la presente investigación se evaluará la eficacia de *P. fluorescens; B. subtilis* solos y en combinaciones; acompañados con calostro del pseudotallo; con la finalidad de comparar con un producto químico para establecer su eficacia en el control de *R. similis y H. multicinctus*, a fin de identificar la mejor alternativa para el combate del mismo, que a la vez sea amigable con el medio ambiente y reduzca costos económicos.

Justificación e importancia

Uno de los retos más importantes que enfrenta la agricultura actual, es la necesidad de disminuir el uso de plaguicidas, con el objetivo de disminuir los daños causados por los agentes causantes de enfermedades, y a la vez encontrar y desarrollar alternativas de control biológico.

El desarrollo de estas alternativas está influenciado para reducir el riesgo de presencia de residuos en los frutos, especialmente cuando se consumen de manera directa, como en el caso de numerosos productos hortícolas y frutales. Por otro, fomentar la seguridad laboral del agricultor y, por último, preservar el medio ambiente.

Ante lo expuesto, es precisamente que surge, dentro del concepto de agricultura sostenible fomentar e incentivar un tema de gran importancia, como lo es la sustitución de plaguicidas, en este caso de nematicidas para el control de *R. similis y H. multicinctus*, utilizando organismos vivos (*P. fluorescens y B. subtilis*) dentro de un programa de manejo integrado de cultivos agrícolas. Comparando y evaluando a la vez ambos métodos de control; a saber, químicos y biológicos; aprovechando el calostro del pseudotallo, a fin de demostrarle al agricultor que existen alternativas biológicas que son igual de eficaces y que contribuyen a una agricultura sostenible.

Delimitación del problema

Esta investigación se realizó en el recinto Puerto Real, cantón Simón Bolívar, Provincia Guayas, con una duración de cuatro meses aproximadamente, entre los meses de Septiembre a Enero del 2022.

Formulación del problema

¿Cuál es la diferencia entre el control químico y biológico en la disminución del ataque de *R. similis y H. multicinctus* en el cultivo de banano y el papel que desempeña el calostro del pseudotallo en ambos controles?

Objetivos

Objetivo General

• Evaluar el efecto nematicida con componentes químicos y biológicos más calostro del pseudotallo para el manejo de *R. similis y H. multicinctus*.

Objetivos Específicos

- Determinar la población y fuentes de infección de Radopholus similis y Helicotylenchus multicinctus en banano cavendish
- Determinar la compatibilidad in vitro del calostro del pseudotallo en conjunto con P. fluorescens; B. subtilis y Abamectina + Tiametoxam para pruebas de biocontrol contra R. similis y H. multicinctus.
- Evaluar el efecto de *P. fluorescens y B. subtilis* combinados con el calostro del pseudotallo en el biocontrol de *R. similis y H. multicinctus*.

Hipótesis o idea a defender

La combinación de *P. fluorescens y B. subtilis* más calostro del pseudotallo tiene un efecto aditivo de biocontrol contra *R. similis y H. multicinctus* en el cultivo de banano en la zona agrícola del cantón Simón Bolívar.

Aporte técnico o conceptual

En la presente investigación se intenta comparar dos tipos de control para *R. similis y H. multicinctus;* a saber, químicos y biológicos; aprovechando los beneficios que brinda la implementación del calostro del pseudotallo en los controles ya mencionados, con el objeto de brindar información sobre una de las alternativas más eficientes, la aplicación de *P. fluorescens y B. subtilis*. Por tanto, se plantea aplicar los resultados de esta investigación en el cantón Simón Bolívar, provincia Guayas y sus alrededores.

Aplicación practica

Los resultados que se obtengan en la presente, sean estos positivos o negativos, permitirán conocer el potencial de *P. fluorescens y B. subtilis* junto con los beneficios del calostro del pseudotallo en el control del nematodo barrenador; de ser positivos se recomendará como una alternativa más eficaz que el control químico en la zona de estudio, disminuyendo el impacto ambiental del mismo. Esta investigación quedara a disposición de estudiantes, agricultores y profesional para que su metodología pueda ser empleada como ejemplo para el control de nematodos.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte

Senthilkumar (2020) realizaron un estudio en el Departamento de Planta Protección, Anbil Dharmalingam, Tamil Nadu, India con el objeto de evaluar la actividad antagónica de la aplicación única y combinada de *P. fluorescens* y *B. subtilis* contra *R. similis*. Como resultado todos los tratamientos aumentaron significativamente los parámetros de rendimiento y se observó que la reducción de la población de nematodos en sistema raíz fue significativa. El 86 % de la población de nematodos se redujo desde la población de nematodos inicial registrada en la aplicación combinada de *P. fluorescens* + *B. subtilis* cada 12.5 g/planta respectivamente en comparación con el control no tratado o testigo.

Además, Araújo et al., (2018) ejecutaron un ensayo en la Universidad Federal de Alagoas, Rio Largo, Brasil con el objetivo de estudiar la habilidad de colonización y penetración de *Bacillus subtilis* en plántulas de banano Terra cv. Comprida infectada con una población mixta de *Radopholus similis, Meloidogyne spp. Pratylenchus spp. y Helicotylenchus spp.* Donde se probaron diferentes dosis de la bacteria (50, 100, 150, 200 y 250 mL / 10 L de agua). Para lo cual, las plántulas se sumergieron en cada tratamiento durante 30 min y posteriormente se sembraron en macetas que contenían suelo esterilizado en invernadero. La evaluación se realizó cuatro meses después. Donde se obtuvieron como resultado que las dosis de 200 y 250 mL de *B. subtilis* mostraron la mayor reducción de las poblaciones de nematodos en raíces y rizomas, demostrando así la eficacia de la bacteria para el control de nematodo.

Por otro lado, Canchignia et al., (2015) llevaron a cabo una investigación sobre la aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas spp.* como controladores biológicos de insectos y nematodos plagas. Donde concluyeron en que *P. fluorescens* produce un antibiótico de amplio espectro denominado 2,4- DAPG el cual tiene propiedades anti-fúngicas, anti-bacterianos, actividades anti-helmínticas y fitotóxicas. También

estimula la resistencia sistémica inducida en plantas al interaccionar con las raíces de la misma inhibiendo asi la penetración de la raíz por el nematodo. Respecto al control biológico de nematodos, las cepas de *P. fluorescens* y *P. putida* han demostrado una fuerte actividad antagonista contra los nematodos *Radopholus similis y Meloidogyne spp.*, en banano, maíz y tomate.

Igualmente, Chavez et al., (2009) realizaron un estudio en el Laboratorio de nematología y fitopatología de CATIE en Turrialba, Costa Rica con el objeto de evaluar la actividad antagónica de dos aislamientos de *F. oxysporum*, dos de *T. atroviride*, dos de *Bacillus spp.* y dos de *Pseudomonas* contra *R. similis* en pruebas in vitro y en vivo de banano del cultivar "Grand Naine". Estudiaron los antagonistas por separados y en combinaciones. Como resultado se obtuvo que la combinación de *T. atroviride E1 y Pseudomonas P52 o P58* fue más eficaz en la reducción de la población final de *R. similis* que *T. atroviride E1* solo (93, 93 y 70%, respectivamente). Por el contrario, la inoculación combinada de *Trichoderma E2 y Pseudomonas P58* no fue eficaz en reducir el número final de R. similis (1%), pero cuando se usa por separado, E2 y P58 resultaron en una supresión significativamente mejor de la población de nematodos (77 y 82%). El BC para los más efectivos tratamientos (E1 P58, E1 P52, B31 y E2 P52) estuvo entre 88 y 93%.

También, Thammaiah et al., (2019) llevaron a cabo una investigacion en la Facultad de horticultura, Karnataka, India con el fin de evaluar agentes de biocontrol contra *R. similis*. Para lo cual evaluaron *P. fluorescens; P. lilacinus; B. subtilis y Heterorhabiditis indica* solos y en combinaciones frente a un testigo químico. Los resultados mostraron que el mejor tratamiento en reducir la población de *R. similis* en el suelo y las raíces fue *P. fluorescens + P. lilacinus*. Los siguientes mejores tratamientos fueron *P. lilacinus + B. subtilis* y *H. indica*. Sin embargo, el tratamiento carbofuran fue encontrado eficaz y significativamente superior a otros tratamientos.

Por otro lado, Vargas y Cubillo (2015) con el objetivo de evaluar la influencia del pseudotallo sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión así como de su importancia como fuente de inóculo de enfermedades e insectos, efectuaron un experimento en el cantón de Sarapiquí, Costa Rica. Aquí el primer tratamiento fue la eliminación periódica y el segundo la retención total, hasta el colapso, del tejido deteriorado del pseudotallo luego de la cosecha. Se midieron las variables de

crecimiento, producción, enfermedades e insectos plagas. Concluyeron que no hubo diferencias en crecimiento y producción entre tratamientos, pero el tejido de pseudotallo si fue fuente de inoculo para *C. sordidus, Pseudococcus elisae y de Periplaneta spp.*

Vargas (2018), de igual manera realizó dos experimentos en el Caribe de Costa Rica, para determinar el efecto del cubrimiento de hijos de sucesión atrasados y enfermos con pseudotallo descompuesto, fresco o seco. Para lo cual, se determinaron poblaciones microbianas, reguladores de crecimiento y nutrimentos; variables de crecimiento y producción. Como resultado obtuvieron que las poblaciones microbianas, los contenidos de reguladores de crecimiento (ácido indolacético y giberelinas) y de nutrimentos, difirieron entre los estados diferentes de pseudotallo, indicando mayor incidencia en el estado de descomposición. Se reflejó un mayor incremento inicial en la altura y en la circunferencia del pseudotallo en los hijos de sucesión cubiertos con pseudotallo descompuesto o seco.

1.2 Bases científicas y teóricas

1.2.1 Importancia del cultivo de Banano

El cultivo de banano (*Musa AAA*), es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Representa un rol importante para la socio-economía y seguridad alimentaria del país. Desde el punto de vista socioeconómico, la actividad bananera genera fuentes estables y transitorias de trabajo, además provee permanentemente frutos ricos en energía a la mayoría de la población mundial (Martínez, Guerrero y Batista 2019).

El banano figura como un alimento básico y un producto de exportación. Como alimento básico, contribuyen en gran manera a la seguridad alimentaria de millones de personas en gran parte del mundo y, debido a su comercialización en mercados locales, proporciona empleo e ingresos a la sociedad rural. Como producto de exportación, el banano tiene un gran impacto en la economía de muchos países de bajos recursos y con déficit de alimentos, entre los que figuran Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún, Côte d'Ivoire y Filipinas, ya que la mayor parte de la producción es destinada a la exportación, y no al autoconsumo o para

su venta en mercados locales (Arias et al., 2012). Las variedades que Ecuador

oferta son: Cavendish, orito y banano rojo (Proecuador, 2020).

1.2.2 Taxonomía

Según Saimmonds (1970) la taxonomía del banano es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: acuminata

Variedad: Cavendish

1.2.3 Fisiología de la planta de banano

1.2.3.1 Hojas

Las hojas se originan en el meristemo terminal, ubicado en la parte superior del bulbo, luego se forma precozmente el pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que posteriormente será la vaina. La lámina foliar es dorsiventral y lisa. Externamente, el limbo se proyecta como una lámina delgada, muy verde en su cara superior y de color verde claro en la inferior, está surcada por una nervadura estriada formada por las venas mayores que resaltan en la cara que esta hacia el tallo (Yanez et al., 2020). La producción de las hojas cesa cuando emerge la inflorescencia.

Las primeras hojas de los hijos son estrechas, angostas y lanceoladas, proyectando un aspecto de espada. La independencia del mismo ocurre al desarrollar alrededor de 12 hojas de limbos muy reducidas, después aparece una nueva hoja con el ancho del limbo de 10 cm, y el retoño se independiza hasta florecer y fructificar. Este es el hijo denominado espada, puyón o chupón (Maiguashca, 2018).

25

1.2.3.2 Fruto

Cuando surgen cerca de 20 hojas, emerge el tallo floral, cuya continuación forma el eje de la inflorescencia, donde las hojas serán reemplazadas por brácteas masculinas y femeninas dando así origen a la bellota, la inflorescencia está formada por glomérulos florales dispuestos en dos hileras e insertadas en el caquis, conocidas como manos, por otro lado las flores corresponden a tres clases: postiladas, que forman las manos superiores, neutras, en la sección central y estaminadas, que se ubican en el punto terminal del racimo (Vásquez et al., 2019). El fruto se forma partir de los ovarios de las flores pistiladas; la parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario, cargada de azúcar y almidón (Al-Daour, Al-Shawwa y Abu-Naser, 2020).

1.2.3.3 Pseudotallo

El pseudotallo es un pilar de apoyo y fuente de reservas amiláceas; por otro lado, le permite alcanzar mayor altura y eleva las láminas foliares para que haya mayor captación de luz solar. En una planta adulta puede medir 5 m de altura y 40 cm de diámetro según el clon. Presenta una estructura resistente y puede soportar el peso de las láminas foliares y de la inflorescencia que puede llegar hasta 75 kg. El verdadero tallo es un rizoma grande, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado (Cruz, 2021). Cuando el rizoma ha alcanzado la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo (Infoagro, 2016).

1.2.3.3.1 Función del liquido del pseudotallo (Calostro)

Estudios indican que luego de la cosecha el pseudotallo de la planta madre contribuye a la nutrición mineral del hijo de sucesión durante su primer mes o primeros dos meses. Por consiguiente, se sugiere no eliminar el pseudotallo a la cosecha, debido a que se ha encontrado mayor peso del racimo, acortamiento del ciclo productivo y mayor altura inicial del hijo de sucesión cuando se mantuvo el pseudotallo en su planta madre, además la remoción de la inflorescencia recién emergida además de la retención de las hojas en el pseudotallo estimula el

crecimiento y el tamaño del racimo en la planta de la siguiente generación (Vargas et al., 2013).

La retención total del pseudotallo y de sus hojas a la cosecha es una estrategia de manejo que permite mejorar el vigor de las plantas de banano dado el aumento en el peso del racimo como consecuencia de una mayor cantidad de manos y de frutos por mano. Su implementación, dada la retención del área foliar, deberá considerar la severidad de la Sigatoka negra y problemas de pudrición suave del fruto (*P. carotovorum*) y la incidencia de insectos especialmente de escamas (*D. boisduvali*), y cochinillas (*Pseudococcus spp.*). La retención total del pseudotallo sin sus hojas es también una opción atractiva con la que mejorar el vigor de las plantaciones, no obstante, en comparación con la retención total de pseudotallo y hojas, su efecto es de menor magnitud (Dominguez *et al.*, 2020)

1.2.3.3.2 Composición química y biológica del calostro del pseudotallo

En los análisis del pseudotallo extraído mediante tres diferentes tipos de extracto (acuoso, hidroalcohólico 8:2 y 1:1), se indica que la cuantificación de materia inorgánica resalta la presencia de potasio, hierro y manganeso, mientras que los metales pesados, As y Pb, se encontraron dentro de los limites permisibles por las normas ecuatorianas. Los análisis químicos determinan la existencia de saponinas y compuesto fenólicos, entre otros metabolitos. El contenido de los compuestos químicos va a depender del método de extracción que se aplique. Los estudios biológicos indican que el calostro extraído mediante extracto hidroalcohólico presenta un efecto mucolítico similar al Bisolvon. En relación a la actividad molusquicida del liquido del pseudotallo se determinó que este tiene un efecto paralizador en caracoles (Murgueitio-Manzanares et al., 2017).

1.2.3.3.1 Obtención del lixiviado del pseudotallo (Calostro)

La obtención de los lixiviados del pseudotallo consiste en la descomposición de restos de pseudotallo, en recipientes plásticos con tapa y volumen de 40 litros, a los que se les adapta una plumilla para la toma de muestras del extracto. En el fondo de cada recipiente, se colocan 10 kg de grava de río, con una tela tipo malla en el orificio de la plumilla, para evitar su obstrucción.

La cantidad de materia fresca utilizada para la obtención de estos extractos fue de 10 kg en el caso de PS y 5,5 kg para LH, establecida por la máxima

capacidad de recepción de los recipientes. Una vez colocado el material vegetal dentro de los envases se le agregó 1 litro de agua para garantizar la humedad necesaria para el inicio del proceso de descomposición (Piedrahita, 2016).

1.2.3.4 Raíces

Las raíces del banano muchas veces presentan forma de cordón y aparecen en grupos de 3 o 4. Poseen raíces superficiales que están distribuidas en una capa de 30 a 40 cm, se visualiza mayor concentración de estas, en los primeros 15 a 20 cm de profundidad. Las raíces son de color blanco, pero cuando emergen y se tornan amarillenta y duras, su diámetro oscila entre 5 y 10 mm; la longitud puede llegar a 5 y 10 m en crecimiento lateral, si no son obstaculizadas durante su crecimiento, y de profundidad hasta 1.5 m. El poder de penetración de las raíces es débil y su distribución radical está relacionada con la textura y estructura del suelo (Torres et al., 2020).

1.2.4 Nematodos

Los nematodos son el problema principal del sistema radicular del cultivo de banano, debido a que estos atacan directamente los tejidos de las raíces y cormos, afectando así el crecimiento, rendimiento por la reducción de anclaje de la planta y fisiológicas (absorción y transporte de agua y nutrientes) del sistema radial. Se han reportado aproximadamente 150 especies de nematodos asociados al género *Musa spp.*, sin embargo los principales nematodos identificados en el país son: Lesionadores (*Pratilenchus spp.*), agalladores (*Meloidogyne spp.*), enquistadores (*Heterodera spp.*) y barrenadores (*Radopholus spp.*), este último representa el principal problema en banano (Guzmán et al., 2020).

Los nemátodos causan en las plantas estrés, engrosamientos en los tallos y principalmente daños en las raíces como agallas, el diagnóstico o identificación de que los síntomas son causados por ellos, es posible con la ayuda del microscopio, y a partir de sus invasiones, se pueden identificar su taxonomía. Aunque en la actualidad existen métodos en biología molecular que permiten entender su fisiología y evolución compleja, a la vez que permite identificarlos de una forma más precisa (Zhang et al., 2016).

1.2.5 Características generales de R. similis

1.2.5.1 Taxonomía

Según Thorne (1961) la ubicación taxonómica del nemátodo es la siguiente:

Phylium: Nemata

Clase: Secernentea (Phasmidia)

Orden: Tylenchida

Super familia: Tylenchoidea

Familia: Pratylenchidae

Sub familia: Pratylenchinae

Género: Radopholus

Especie: similis

1.2.5.2 Características morfológicas de los nematodos

Son microrganismos pequeños vermiformes, de menos de un 1 mm de longitud ya que su tamaño oscila entre 0,25 mm a 1,0 mm, aunque existen muy pocos casos donde alcanzan hasta los 4,0 mm. Los nematodos poseen un sistema circulatorio, respiratorio y digestivo. Los fitoparásitos se caracterizan por poseer una estructura especializada llamada estilete la cual tiene una forma de lanza, el nematodo la utiliza para inyectar enzimas dentro de las células y tejidos vegetales y extraer su contenido (Domínguez et al., 2019).

La hembra presenta la región labial redondeada, marcada por tres estrías y sobresalida. Los campos laterales están marcados por cuatro hendiduras. Los phasmidos están situados a un poco menos de un ancho del cuerpo y detrás, a la altura del ano. Posee cola conoide u obtusa, terminus redondeado. En su aparto bucal alberga un estilete fuerte, con nódulos bien desarrollados. El lóbulo basal del esófago se extiende atrás sobre la parte terminal anterior del intestino. Tiene un ovario anterior extendido adelante hacia el bulbo medio del esófago y un ovario posterior que a veces llega hasta la cola. Sus oocitos se encuentran en una sola fila, excepto en una región corta de reproducción (Xin et al., 2019).

El macho presenta una región labial subesférica, con o sin estrías sobresalidas. Los campos laterales están marcados por cuatro incisiones, que terminan en la cola. Los phasmidos están situados cerca de la base de la bursa, a un lado del cuerpo posterior a la altura del ano. Posee un estilete muy delgado, con nódulos básales muy débiles y un esófago reducido. Los testículos son rectos, un cuarto a un tercio de la longitud del cuerpo. El sexo puede reconocerse en el segundo estadio juvenil mediante el uso de microscopio electrónico (Charles, 2019).

1.2.5.3 Biología de R. similis

Los nemátodos son considerados gusanos no segmentados, porque sus cuerpos presentan forma cilíndrica, aunque algunos pierden su forma de gusano durante su etapa de desarrollo, son microscópicos y pueden medir de 0.5 a 2.0 mm de longitud, sus cuerpos están cubiertos de cutícula y debajo de ella poseen el aparato digestivo, excretor reproductor y no tienen sistema respiratorio ni circulatorio. Se los puede identificar fácilmente por sus aparatos reproductores como hembras y machos (Wram et al., 2019). El ciclo de vida total que va desde huevo a adulto puede durar hasta la reproducción de 18 a 24 días (Roderick et al., 2012).

Se dividen en seis estadios: huevo, cuatro estadios juveniles y adulto. La duración de cada uno de estos estadios va a depender de la especie y otros factores como: temperatura, humedad y la planta huésped. Los nematodos pueden sobrevivir en condiciones desfavorables ya sea por sequedad o mucha humedad y puede demorar 5 años en desaparecer del suelo, ya que las hembras son capaces de poner de 4 a 5 huevos por día durante 2 semanas, más sin embargo la supervivencia de las distintas especies va a variar según el estadio del ciclo de vida en el que se encuentre el nematodo (Romero, 2018).

Las fases de desarrollo del nematodo dentro de la planta de banano que incluyen: huevo, cuatro estadios juveniles y una sola etapa de adulto, en cada etapa juvenil este tiende a mudar, después de la cuarta muda empiezan a aparecer los órganos sexuales, los nemátodos son clasificados según su conducta a la hora de alimentarse: Ectoparásito migratorio y ectoparásito sedentario, los mismos que

atacan diferentes estados de vida de las especies vegetales, además ingresan por la punta de la raíz, ya que ahí el tejido es más débil (Chabla, 2021).

1.2.5.4 Daños de R. similis

Los estados de desarrollo de *R. similis* son vermiformes y tienen cuatro estados juveniles (J1, J2, J3 y J4) y el adulto. El estado J1 se desarrolla dentro del huevo, luego esta muda la cutícula y después de haber transcurrido de 8 a 10 días emerge el J2. Los estados J2, J3 y J4 también mudan la cutícula hasta que finalmente llega al estado adulto en un lapso de 10 y 13 días. El estado J2 y la hembra adulta son infecciosos, capaces de abandonar las raíces en condiciones adversas trasladándose mediante el suelo para colonizar y parasitar raíces sanas. Este traslado es estimulado por factores nutricionales, ya que necesitan tejido sano para alimentarse. Después de iniciar su alimentación, *R. similis* completa su ciclo de vida entre 20 y 25 días (Guzman, 2015).

El nemátodo barrenador *R. similis* es el agente causal de mayor daño en producción en plantaciones de banano, debido a que las pérdidas económicas provocadas por este nematodo a nivel mundial se estiman en 20 % y en condiciones locales, pérdidas de 40% a 50% (Sarah et al., 2010). Este nemátodo fitoparásito es una plaga mundial que se alimenta de raíces y cormos de banano y plátano, afectando el crecimiento y desarrollo de este cultivo, con pérdidas en producción entre el 20% y 100% (Piedrahita, 2016).

R. similis es un endoparásito migratorio que ocasiona daños severos en las plantaciones de banano atacando el rizoma y raíces principales, cuando inicia con el ataque, forma lesiones pequeñas que se tornan de color rojo vinoso y a medida que sigue alimentándose, estas lesiones se vuelven necróticas debido a que organismos patógenos (hongos y bacterias) han aprovechado las heridas para ingresar, impidiendo así la absorción normal de agua y nutrientes, posterior a esto observaremos plantas raquíticas, cloróticas, racimos pequeños y volcamiento de las plantas (Restrepo, 2020).

Las plantas infectadas por *R. similis* reducen en gran manera la absorción de agua y nutrientes, produciendo síntomas como amarillamiento de hojas, disminución del tamaño y longevidad de las plantas, las cuales pueden confundirse fácilmente con deficiencias nutricionales. Los colinos infectados por este nematodo

son de menor tamaño y vigor, con hojas pequeñas y, con el peciolo de las hojas viejas necróticas (Soorianathasundaram et al., 2017). La sintomatología de este patógeno muchas veces difiere por las características químicas y físicas del suelo, disponibilidad de nutrientes, la especie hospedante y el género de fitonemátodo involucrado (Waele, 2012).

1.2.6 Control Biológico de R. similis

Los nematodos son los organismos pluricelulares más numerosos en los agroecosistemas; ya que se conocen unas 20 000 especies, por metro cuadrado puedes encontrar densidades de hasta 30 millones. Por otra parte, los conocimientos sobre organismos antagónicos de nematodos fitoparásitos son temas que se han venido tratando hace muchos años; en el pasado era común utilizar para el combate de estos microorganismos productos como: el DBCP (Nemagon), el cual fue prohibido en la década de 1980 por sus efectos negativos en la salud humana. En la actualidad, se utilizan más nematicidas no fumigantes que pertenecen a dos grupos químicos: carbamatos y organofosforado (Condemarín et al., 2018).

Una alternativa diferente a los plaguicidas, recientemente desarrollada es la potenciación biológica del material de siembra de banano con microorganismos benéficos para aumentar la resistencia de la planta a la infección. Frente al hecho de que algunos patógenos ataquen a la planta por la raíz y cormo, ha llevado a la investigación sobre el uso de la tecnología de potenciación biológica utilizando microorganismos endofíticos mutualistas para un mejor manejo de nematodos, marchites y picudo (García y Cobeña 2019).

Estos microorganismos endófitos enemigos de los nematodos pueden ser depredadores, que los matan y se alimentan de ellos, como hongos y otros nematodos, o parásitos que viven a expensas suyas causando su muerte paulatinamente, entre los que se pueden figurar los virus, protozoos, bacterias y hongos (Ying y Feng 2019).

Está evaluado que ciertas bacterias de la rizósfera, comúnmente conocidas como rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR), son capaces de producir compuestos que influyen positivamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, desde su germinación hasta la senescencia. Gracias a muchas investigaciones,

actualmente un gran número de rizobacterias son utilizadas como agentes de

biocontrol en diversos cultivos y han demostrado un gran potencial para el control

de nematodos, especialmente las Pseudomonas spp. y Bacillus spp. (Chedjou

et al., 2019).

1.2.6.1 Mecanismo de acción de las PGPR

Las rizobacterias influyen en el crecimiento de la planta de dos maneras; en

forma indirecta reduciendo la actividad parasita de los hongos, nematodos e incluso

de bacterias patógenicas, siendo consideradas de esta manera dentro del control

biológico. En forma directa promueven el crecimiento de la planta por la producción

de metabolitos como: nitrógeno (N), hormonas del crecimiento y ciertos nutrientes

como hierro (Fe) o fósforo (P), provenientes de la naturaleza ó actividades

antropogénicas; que estimulan el crecimiento radicular a fin de que estas escapen

de la enfermedad (Velasco et al., 2020).

Por tanto, los efectos de las rizobacterias se resumen en: inducción directa

de crecimiento de las plantas, control biológico de microorganismos patógenos y

estimulación de resistencia contra enfermedades. La producción de fitohormonas

es el mecanismo de acción directo de las PGPR, algunas especies de los géneros

Pseudomonas, Azotobacter y Bacillus son capaces de liberar ácido indol-acético

(AIA), giberelinas o citoquinas en la rizosfera de las plantas, promoviendo así un

efecto estimulador en el crecimiento (Rodríguez et al., 2020).

1.2.7 Pseudomonas fluorescens

Según Peñalver, Durán-Vila y López, (1994) se clasifica taxonómicamente

de la siguiente manera:

Reino: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Pseudomonadales

Familia: Pseudomonadaceae

Género: Pseudomonas

Especie: fluorescens

33

P. fluorescens es una bacteria con forma bacilar, Gram-negativa, mótil con un flagelo polar, no esporulada. Estrictamente aeróbica y quimio-organoheterótrofa. Produce pigmento fluorescente en medios de cultivo apropiados y enzimas pectolítico. No producen esporas y el rango de temperatura más favorable para su desarrollo es de 25 °C a 30 °C. Requiere de un pH neutro para su desarrollo ya que no crece en condiciones ácidas (pH £ 4,5). Sus flagelos polares hacen posible su movimiento activo en líquido (Kotasthane et al., 2017).

Estas bacterias se encuentran dentro del grupo de Bacterias Promotoras del Crecimiento, debido a su capacidad de controlar patógenos en las plantas, ya sea por inducción de sustancias inhibitorias o incrementando la resistencia natural de la planta. Las Bacterias Biocontroladoras Promotoras del Crecimiento Vegetal (Biocontrol-PGPR), contribuyen a la fijación biológica del nitrógeno, en la síntesis de fitohormonas y en la promoción del crecimiento de las raíces, a la vez que se asocian con especies de plantas, encontrándose en diversos ecosistemas (Álvarez et al., 2015).

Está comprobado que *P. fluorescens y P. putida* tienen la capacidad de sintetizar algunas sustancias tóxicas que causan la muerte de aquellos microorganismos que entren en contacto con ellas. Respecto al control de nematodos, se ha determinado con investigaciones que las cepas de *Pseudomonas fluorescens y P. putida* han demostrado eficacia antagonista contra *R. similis* y *Meloidogyne spp.* en los cultivos de banano, maíz y tomate (Kumudini, Jayamohan y Patil 2017).

Una particularidad de *P. fluorescens* es que produce un compuesto denominado 2,4- diacetylpholoroglucinol que de acuerdo con muchas investigaciones, reduce la eclosión de huevos de *M. javanica* (Azam et al., 2018). Por otro lado, Turatto et al., (2018) encontró que aislamientos endofíticos de *Pseudomonas spp.* presentaron eficacia antagónica, reduciendo significativamente la población de *R. similis* en plantas de banano bajo condiciones de invernadero, en comparación con plantas no tratadas con esta bacteria.

1.2.8 Bacillus subtilis

Según Bacterial Nomenclature (2012) se clasifica taxonimocamente de la siguiente manera:

Reino: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Genero: Bacillus (Conh, 1872)

Especie: subtilis (Ehrenberg, 1835)

B. subtilis son bacilos Gram positivos de aproximadamente 0,8 mm de diámetro por 2 a 3 mm de largo con bordes redondeados. Presentan esporas esféricas y centrales que no deforman el bacilo. Generalmente forman colonias, de 2 a 4 mm de diámetro, de forma beta hemolíticas con hemólisis completa, que pueden dar un aspecto liso, mucoide o rugoso; los bordes de estas pueden ser onduladas o extendidas en el medio y ocasionalmente dan la apariencia de cultivos mixtos (Kovács, 2019).

El modo de acción de *B. subtilis* en el biocontrol de nematodos endoparásitos ya sean estos sedentarios y migratorios es mediante la reducción de la penetración juvenil, la inhibición de la eclosión, competencia por los nutrientes o alimentos, la antibiosis asociada con la biodisponibilidad de metabolitos y la producción de enzimas líticas. Estas bacterias también inducen una reacción de resistencia sistémica en las plantas mediante el fortalecimiento mecánico y físico de la pared celular, la deposición de callos y la acumulación de compuestos fenólicos o la síntesis de compuestos bioquímicos reguladores en la reacción de defensa (Pedreira et al., 2019).

B. subtilis es una de las bacterias que se encuentra dentro del grupo de los más eficientes agentes de biocontrol, el cual demuestra actividad antagonista contra varios hongos, bacterias patogénicas e incluso de nematodos, ya que ha constituido una importante alternativa de control biológico contra R. similis y M. incognita (Migunova y Sasanelli 2021).

Por otro lado, McKeen, Reilly y Pusey en 1986 también afirman que las cepas de *Bacillus spp.* tienen la capacidad de formar esporas que son capaces de

sobrevivir y permanecer metabolicamente activas bajo condiciones adversas, lo cual las hace apropiadas para la formulación de productos viables y estables para el control biológico. *B. subtilis* es una de las alternativas más eficientes agentes de biocontrol, la cual exhibe actividad antagonista contra varios hongos y bacterias patogénicas e inclusive nematodos. Este antagonismo se ha atribuido a la producción de antibióticos y a la capacidad de colonización en la planta (Hashem, Tabassum y Fathi 2019).

Bacillus subtilis produce dos antibióticos antimicóticos, el compuesto dipéptido bacilisina que inhibe las levaduras y bacterias; y fengymicina, un complejo de componentes lipopéptidos estrechamente relacionados, este compuesto muestra actividad antibiótica contra hongos filamentosos. Investigaciones han demostrado que la fengymicina es diferente de los otros compuestos probados, debido a que es menos tóxico para las plantas y las protege mejor de patógenos que los otros antibióticos (Caulier et al., 2019).

Las esporas latentes de B. subtilis pueden sobrevivir a circunstancias duras (alta temperatura, desecación, radiación UV y γ), depredación por microorganismos y macroorganismos. Esta bacteria puede emplearse tanto para la producción de enzimas, de fermentación de alimentos y hasta como agente de control biológico en plantas. Se caracteriza por la secreción de proteínas, la motilidad de la superficie, el desarrollo de biopelículas, la unión a la raíz de la planta o hifas fúngicas, la producción de metabolitos secundarios, el intercambio de citoplasma a través de nanotubos intercelulares, la liberación de vesículas extracelulares y discriminación por parentesco (Kovács, 2019).

1.2.9 Control químico

Las moléculas nematicidas en el mercado por lo general son rotadas en tres ciclos al año evitando que el mismo ingrediente activo sea aplicado dos veces en un periodo de doce meses. El mayor efecto del control químico es en la reproducción y no en la mortalidad de los nematodos, con una efectividad que va en un 50% y 90%, grandemente afectada por las propiedades físico-químicas del suelo, debido a esto se ha optado por nematicidas de formulación líquida con una mejor absorción a través de las raíces y menos afectados por los periodos secos al momento de la aplicación (Burgos y Eugenia 2020).

Se recomienda emplear una dosis de 2,5 a 3 gramos de ingrediente activo del nematicida por planta, de acuerdo a las indicaciones de los productos. Los nematicidas, utilizados hasta ahora, han sido generalmente organofosforados (Fenamifos, Terbufos, Cadusafos) o carbamatos (Oxamil, Carbofuran), los cuales se los aplicacomo gránulos sobre la superficie del suelo alrededor de la planta o a diferencia del (Oxamil) que es inyectado en el pseudotallo de la planta. Estos productos inhiben la acetilcolinesterasa presente en la neuroanatomía de los nematodos (Morales, 2014).

Solvigo es un insecticida nematicida en cuya composición contiene Abamectina + Tiametoxan, este producto controla diferentes especies de nematodos en el cultivo de banano como es el caso de *R. similis* (barrenador de raices), dejando una película de protección en el suelo y en las raíces. Es un producto con registro en el control de 3 principales plagas de importancia en el cultivo de banano, a saber nematodos, cochinillas y picudo negro/ rayado (Syngenta, 2021).

1.3 Fundamentación Legal

De acuerdo con Agrocalidad (2016) el Art. 1 de la Ley de Sanidad Vegetal, publicada en el Registro Oficial Suplemento Nro. 315, de 16 de abril del 2004, establece: "Corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganaderia, a travez del Servicio Ecuatoriano de Sanidda Vegetal (SESA), estudiar, prevenir y controlar las plagas, enefermedades y pestes que afecten los cultivos agrícolas y a la vez regular también el desarrollo de actividades, servicios y la aplicación de medidas fito y zoosanitarias, con base a los principios técnico-científicos para la protección y mejoramiento de la sanidad animal y vegetal, así como para el incremento de la producción, la productividad y garantía de los derechos a la salud y a la vida."

El Art. 1 de la Resolución Nro. 0305 de 30 de diciembre del 2016, ha resuelto en la parte pertinente lo siguiente: "Actualizar el procedimiento para elaborar estudios de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) por via de ingreso, para el establecimiento de requisitos fitosanitarios de importación de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados" (Agrocalidad, 2016).

El Art. 11 de la Ley de Sanidad Vegetal sobre la participación y control social, señala: "Se constituirá el Consejo Consultivo de Sanidad Agropecuaria para la formulación, observación, seguimiento, veeduría y evaluación de las políticas públicas, el mismo que se integrará con ciudadanas y ciudadanos representantes de la sociedad civil, de las organizaciones de productores y consumidores en general, empresas

públicas, privadas, comunitarias y mixtas, mediante el proceso de selección y designación, previsto en la Ley" (Ley de Sanidad Vegetal, 2017).

En el capítulo 4 con el título de las campañas fitosanitaria nos indica lo siguiente: Art. 20.- En caso de aparecimiento de plagas o enfermedades inusitadas, con caracteres alarmantes y que amenacen los intereses agrícolas del país, el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria las estudiará de inmediato, determinando las medidas de prevención y control a adoptarse (Ley de Sanidad Vegetal, 2017).

CAPITULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Métodos

Se emplearon los métodos teóricos- científicos, usando técnicas analíticas, empírico – experimental donde se evaluó la eficacia antagonista de *P. fluorescens; B. subtilis* y un fungicida químico Abamectina + Tiametoxam, más el calostro del pseudotallo con el fin de determinar si dicha combinación representa un mayor control contra el nemátodo *Radopholus similis y Helicotylenchus multicintus* y a la vez el menor costo de producción.

Para determinar la población y puntos de infección de los nemátodos Radopholus similis y Helicotylenchus multicintus se realizó un muestreo en forma de zigzag siguiendo la metodología descrita por Vargas y Cubillo (2010). La recolección de una muestra estuvo compuesta por las raíces de seis plantas situadas dentro de cada parcela experimental, identificando los puntos de muestreo. Las raíces se colectaron frente al hijo de sucesión, porque es el sitio donde se efectuaron las aplicaciones de los nematicidas. Para lo cual, se realizó un hoyo de 15 cm de ancho, 15 cm de largo y 30 cm de profundidad, posterior a esto se depositó el suelo excavado en una bolsa plástica. Las muestras tomadas durante

el tiempo de investigación, fueron trasladadas hasta el laboratorio para su respectivo análisis.

En condiciones controladas se evaluó la eficacia de *P. fluorescens; B. subtilis* y Abamectina + Tiametoxam solos y en combinación con calostro del pseudotallo en caja Petri, siguiendo el procedimiento descrito por Hernández et al., (2015), mediante un sustrato de suelo previamente esterilizado, posterior a esto se lo inoculó con una concentración específica de los nematodos *R. similis y H. multicintus* adicionándole raíces para que se alimenten. Después de un periodo de acondicionamiento de las muestras en un lapso de 24 horas se aplicaron los tratamientos, con la finalidad de determinar la eficacia de los mismos, una vez que transcurrieron siete días se procedió a contar la población de los nemátodos.

Cabe mencionar, que se realizó un análisis químico, para determinar qué elementos posee el calostro, con la finalidad de identificar qué beneficios puede aportar en la eficacia de los tratamientos en estudio.

2.2 Variables

2.2.1 Variables independientes

La variable independiente estuvo determinada por los tratamientos biológicos a base de *P. fluorescens*; *B. subtilis*; químicos con el fungicida Abamectina + Tiametoxam, más calostro del pseudotallo.

2.2.2 Variables dependientes

2.2.2.1 Densidad poblacional de R. similis y H. multicinctus

Esta variable se medió dos veces, la primera antes de establecerse los tratamientos y la segunda después de establecidos los mismo, después de un límite de tiempo de cuatro meses. Para lo cual se mezclaron las raíces sanas y dañadas, cortándolas en pedazos de 1 a 2 cm de largo, se pesaron 25 g por cada repetición, luego se licuaron por 20 segundos en la tercera velocidad de una licuadora. El licuado se pasó por tres tamices de arriba abajo de Nº 60, 100 y 400. En el último se colectaron a los nemátodos. Este sedimento se recogió en un vaso graduado y se lo aforó en 100 ml. Finalmente se extrajeron alícuotas de 2 ml y se colocaron en cámaras contadoras. Se evaluó la población de *R. similis* con el uso de un microscopio y contadores-chequeadores en un laboratorio certificado.

2.2.2.2 Peso de raíces sanas y dañadas

Al frente de la planta de banano en estudio, se cavó un hoyo sobre la superficie del suelo de 13,5 cm³ (30 cm largo 15 cm ancho x 30 cm de profundidad) y se colectaron todas las raíces. Luego se secaron, y separaron las sanas de las afectadas y las dos categorías se pesaron por separado en una balanza electrónica en los laboratorios de la facultad de ciencias agrarias.

2.2.2.3 Incremento de altura de la planta secuencia

Para establecer esta variable se demarcaron plantas secuencias "nieto" a los cuales se les evaluó la altura tanto al inicio como al final de ensayo, reportando el dato como incremento deducido de la diferencia entre las plantas en unidades de cm con un flexómetro. Para lo cual se seleccionaron seis plantas de forma aleatoria.

2.2.2.4 Incremento de diámetro del tallo de la planta secuencia

Considerando las mismas plantas en donde se evaluó la variable anterior, se midió el diámetro inicial al mes de haber iniciado el experimento y el diámetro final a los cuatro meses de haber finalizado el mismo. El dato se reportó también como incremento obtenido como diferencia de estas dos mediciones en unidades de cm. Se midió primero la circunferencia a 50 cm del suelo con una cinta métrica. Para realizar la conversión de la circunferencia a diámetro se empleó la formula:

$$Di\'{a}metro = \frac{circunferencia}{\pi}$$

2.2.3 Operacionalización de las Variables Tabla 1. Operacionalización de las variables

TIP	O DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Control biológico y químico más calostro del pseudotallo sobre R. similis y H. multicintus.	demuestran la presencia del nematodo en la parcela experimental, se	fluorescens; B. subtilis y el nematicidas Abamectina +	Daño de raíces por R. similis y H. multicintus.	Cuantitativa	Metodología
DEPENDIENTE	Eficacia de P. fluorescens; B. subtilis y nematicida Abamectina + Tiametoxam más calostro del pseudotallo sobre R. similis y H. multicintus		Eficacia nematicida de P. fluorescens; B. subtilis y Abamectina + Tiametoxam más calostro del pseudotallo	Densidad poblacional de R. similis y <i>H.</i> <i>multicintus.</i> Peso de raíces sanas y dañadas. Incremento de altura y diámetro de la planta secuencia.	Cuantitativa	Metodología

2.3 Población y muestra

Se estableció un ensayo en condiciones de campo con un total de veinticuatro parcelas experimentales distribuidas en la bananera las cuales estuvieron establecidas en un área de 4 946 m² delineadas de acuerdo al Diseño Experimental que se utilizó, con una densidad poblacional de 32 plantas por cada parcela, en el periodo comprendido de septiembre – enero 2022. La descripción de los tratamientos evaluados se encuentra en el inciso 2.6. El tratamiento testigo estuvo representado por agua.

2.4 Técnicas de recolección de datos

El tipo de medición fue cuantitativa. Los datos de recolección de raíces sanas y dañadas, altura de la panta, diámetro del pseudotallo fueron tomados 2 veces, antes de establecerse los tratamientos y después de los mismos; con el fin evaluar las variables con un dato de referencia inicial.

2.5 Estadística descriptiva e inferencial

Los datos fueron valorados estadísticamente mediante el análisis de Varianza (ANDEVA) con la prueba de rango múltiple de Tukey para la comparación de medias. Estos análisis se realizaron previo a la comprobación de igualdad de varianzas y normalidad de los datos, todos al 5% de probabilidad de error tipo 1; utilizando la versión estudiantil del software Infostat. El modelo de ANDEVA que se aplicó a los datos, considerando el tipo de diseño experimental, se detalla en la Tabla 1.

2.5.1 Esquema del Análisis de la varianza (ANDEVA)

Tabla 2. ANDEVA

Fuente de variación	Formula	Grados libertad
Repetición	(r – 1) (3 – 1)	2
Tratamiento	(t-1)(8-1)	7
Error	(r-1)(t-1) 2.7	14
Total	(tr – 1)(24 -1)	23

Elaborado por: El autor, 2022.

2.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de Bloques completamente al azar, con un total de ocho tratamientos, con 3 repeticiones; los cuales se detallan en la Tabla 3. Las parcelas

tuvieron un ancho de 19,20 m y 9,20 m de longitud, dentro de la cual se consideró un total de 32 plantas. El distanciamiento entre cada Bloque fue de 4,80 m, dejando una hilera entre bloques. El área de estudio total tuvo un ancho de 67,20 m y 73,60 m de longitud. Las características adicionales al área de ensayo pueden observarse del Croquis del Anexo.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos a evaluar en campo

Tratamientos	Productos
1	P. fluorescens ¹ + calostro
2	B. subtilis ² + Calostro
3	Abamectina + Tiametoxam 3 + calostro
4	P. fluorescens + B. subtillis
5	P. fluorescens
6	B. subtillis
7	Abamectina + Tiametoxam
8	Testigo

¹Biogen *P. fluorescens*

² Serenade: B. subtilis cepa (QST 713) 1 x 10⁹ ufc/g 1.34%

³ Solvigo: nematicida – insecticida. Ingrediente activo 36 g/L Abamectina + 72 g/L Tiametoxam.

2.7 Cronograma de actividades

Tabla 4. Cronograma de actividades

A official of a	2021				2022					
Actividades -	Julio	Agosto	Oct	Nov	Dic	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Junio
Elaboración de sinopsis, revisión de metodología y Objetivos	X									
Presentación y Defensa de Anteproyecto Evaluar la eficacia antagonista de <i>P. fluorescens; B. subtillis.;</i> nematicida químico Solvigo mas el calostro del pseutotallo en campo	X	X	X	X	X	Х				
Evaluación de las variables independiente antes mencionadas.						X	X			
Toma de Datos Análisis Estadístico							^	X		
Trámites Post Grado								~	Х	
Defensa de Tesis										Χ

RESULTADOS

Densidad poblacional de R. similis

El análisis de varianza correspondiente a la densidad poblacional de *R. similis* no demostró significancia para los factores en estudio. La prueba de Tukey reportó igualdad estadística entre las medias de todos los tratamientos. El tratamiento 1 (*P. fluorescens* + calostro), el Tratamiento 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro) y el tratamiento 6 (*B. subtilis*) presentaron una dismicuión considerable con respecto a esta variable. Con los resultados obtenidos se puede observar la influencia del calostro en la eficacia de los tratamientos. El tratamiento químico se comportó mejor en conjunto con el calostro que de manera individual (T7 Abamectina + Tiametoxam) con una población de 3.3 log-10 nematodos de *R. similis*, siendo este el promedio más alto con un CV de 9.95 % inicialmente.

El testigo sin ningún tratamiento químico o biológico reflejó un incremento considerable en la densidad poblacional de *R. similis*, analizando la densidad poblacional inicial de *R. similis* podemos observar en la tabla 5 que el testigo demostró tener un incremento mayor de 26 % respecto a esta variable en comparación con el resto de los tratamientos con un CV de 35.96 %.

Tabla 5. Densidad poblacional inicial y final de Radhopholus en el cultivo de banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar, 2022.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS DE DENSIDAD POBLACIONAL INICIAL DE R. similis	PROMEDIOS DE DENSIDAD POBLACIONAL FINAL DE R. similis
T 1 P. fluorescens + calostro	3.6a	2.5a
T 2 B. subtilis + Calostro	3.5a	3.3a
T 3 Abamectina + Tiametoxam + calostro	3.3a	2.3a
T 4 P. fluorescens + B. subtilis	3.3a	2.5a
T 5 P. fluorescens	3.3a	3.0a
T 6 B. subtilis	3.8a	2.6a
T 7 Abamectina + Tiametoxam	3.6a	3.5a
T 8 Testigo	3.0a	3.3a
Número total de nematodos Log 10	27.4	23
Coeficiente de variación (%)	9.95	35.96

Como se puede observar en el Grafico 1, el calostro influyó positivamente demostrando ser eficaz en la reducción de población de *R. similis*, combinado con los tres componentes fúngicos en estudio, a saber *P. fluorescens*, *B. subtilis* y Abamectina + Tiametoxam. También se evidenció reducción en la población en el T 4 y T 6.

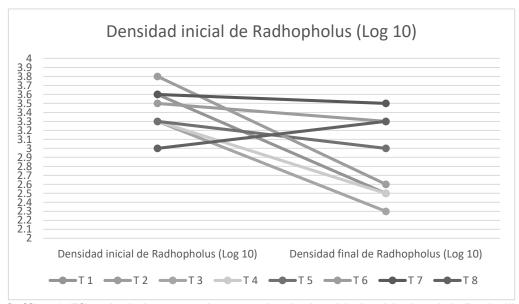


Gráfico 1. Eficacia de los tratamientos sobre la densidad poblacional de R. similis Elaborado por: El autor, 2022

Densidad poblacional de *H. multicinctus*

El análisis de varianza correspondiente a la densidad poblacional final de *H. multicinctus* no demostró significancia para los factores en estudio. La prueba de Tukey reporto igualdad estadística entre las medias de todos los tratamientos. Los tratamientos 1 (*P. fluorescens* + calostro) reportó el promedio más bajo respecto a esta variable. Con los resultados obtenidos se observa la influencia del calostro en la eficacia de los tratamientos debido a que la bacteria *P. fluorescens* (T5) y el tratamiento químico (T7) se comportaron mejor en conjunto con el calostro que de manera individual reportando el T5 una población de 3.3 log-10 y el T7 una población de 3.6 log-10 nematodos de *H. multicinctus*, siendo estos los promedios más altos con un CV de 17.60 %.

El testigo sin ningún tratamiento químico o biológico reflejó un incremento del 8 % en la densidad poblacional de *H. multicinctus*, en la densidad poblacional inicial de *H. multicinctus* se visualiza que únicamente los tratamientos que

contenían calostro disminuyeron la densidad poblacional de este nematodo (Grafico 2). El coeficiente de variación en el análisis de la densidad final fue de 15.50 %.

Tabla 6. Densidad poblacional inicial y final de H. multicinctus en el cultivo de banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar, 2021.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS DE DENSIDAD POBLACIONAL INICIAL DE H. multicinctus	PROMEDIOS DE DENSIDAD POBLACIONAL FINAL DE H. multicinctus
T 1 P. fluorescens + calostro	3.6a	3.2a
T 2 B. subtilis + Calostro	3.8a	3.6a
T 3 Abamectina + Tiametoxam + calostro	3.1a	3.4a
T 4 P. fluorescens + B. subtilis	3.5a	3.5a
T 5 P. fluorescens	3.3a	3.4a
T 6 B. subtilis	3.4a	3.4a
T 7 Abamectina + Tiametoxam	3.7a	3.7a
T 8 Testigo	3.1a	3.7a
Número total de nematodos log 10	27.4	28
Coeficiente de variación (%)	17.60	15.50

Elaborado por: El autor, 2022

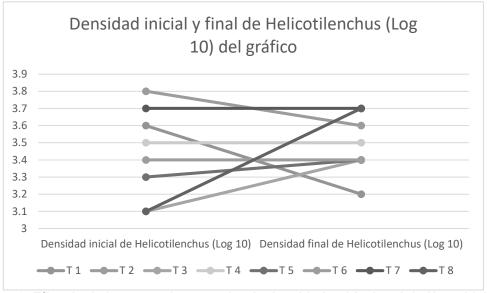


Gráfico 2. Eficacia de los tratamientos sobre la densidad poblacional de H. multicinctus Elaborado por: El autor, 2022

Es necesario comentar, que en algunos tratamientos las poblaciones superan los niveles críticos.

Peso de raíces sanas

El análisis de varianza correspondiente a peso de raíces sanas demostró que no hubo significancia para los factores en estudio. La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos no reflejó diferencias estadísticas. Los tratamientos 1 (*P. fluorescens* + calostro) y 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro) reflejaron los promedios más altos ambos con 20 gramos de raíces sanas. El testigo estadísticamente se comportó igual al resto de los tratamientos obteniendo un promedio de 13 gramos con un CV de 18.11 %. Los valores se pueden observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Peso de raíces sanas en el cultivo de banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar, 2021.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS DE PESO DE RAICES SANAS (Gramos)		
T 1 P. fluorescens + calostro	20 a		
T 2 B. subtilis + Calostro	18 a		
T 3 Abamectina + Tiametoxam + calostro	20 a		
T 4 P. fluorescens + B. subtilis	19 a		
T 5 P. fluorescens	15 a		
T 6 B. subtilis	12 a		
T 7 Abamectina + Tiametoxam	14 a		
T 8 Testigo	13 a		
Coeficiente de variación (%)	18,11		

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey P≤0,05.

Elaborado por: El autor, 2022

Peso de raíces dañadas

El análisis de varianza correspondiente a peso de raíces dañadas demostró que hubo significancia para los tratamientos en estudio. La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos no reflejó diferencias estadísticas. Los tratamientos 1 (*P. fluorescens* + calostro) y 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro) presentaron los promedios más bajos, a saber, el T1 con 12 gramos y el T3 con 11 gramos de raíces dañadas. El testigo estadísticamente se comportó igual al resto de los tratamientos obteniendo un promedio de 17 gramos con un CV de 31.13 %. Los valores se pueden observar en la tabla 8.

^{**:} Significante

Tabla 8. Peso de raíces dañadas en el cultivo de banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar, 2021.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS DE PESO DE RAICES DAÑADAS (Gramos)
T 1 P. fluorescens + calostro	12 a
T 2 B. subtilis + Calostro	14 a
T 3 Abamectina + Tiametoxam + calostro	11 a
T 4 P. fluorescens + B. subtilis	13 a
T 5 P. fluorescens	18 a
T 6 B. subtilis	16 a
T 7 Abamectina + Tiametoxam	16 a
T 8 Testigo	17 a
Coeficiente de variación (%)	31,13

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey P≤0,05.

Elaborado por: El autor, 2022

Incremento de altura de la planta secuencia

El análisis de varianza correspondiente a incremento de altura de la planta secuencia no demostró que hubo significancia para los factores en estudio. La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos no reflejo diferencias estadísticas. El tratamiento 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro) reportó el incremento de altura más alto con 153,8 %. El tratamiento químico se comportó mejor en conjunto con el calostro que de manera individual (T7 Abamectina + Tiametoxam) reportando un promedio de incremento de altura de 130,1 %.

El testigo se comportó igual estadísticamente e inferior al resto de los tratamientos obteniendo un promedio de 122 % respecto a esta variable con un CV de 9.14 %. Los valores obtenidos en el análisis se pueden observar en la tabla 9.

^{*:} Significante

Tabla 9. Incremento de altura de la planta secuencia en el cultivo de banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar, 2021.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS DE INCREMENTO DE ALTURA (%)
T 1 P. fluorescens + calostro	128,8 a
T 2 B. subtilis + Calostro	144,5 a
T 3 Abamectina + Tiametoxam + calostro	153,8 a
T 4 P. fluorescens + B. subtilis	140,6 a
T 5 P. fluorescens	146,6 a
T 6 B. subtilis	127,4 a
T 7 Abamectina + Tiametoxam	130,1 a
T 8 Testigo	122 a
Coeficiente de variación (%)	9,14

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey P≤0,05.

NS: No Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Incremento de diámetro de la planta secuencia

El análisis de varianza correspondiente a diámetro inicial de la planta secuencia demostró que hubo significancia para los factores en estudio. La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos no reflejo diferencias estadísticas. El tratamiento 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro) reportó el promedio de incremento más alto, a saber 131,4 %. El testigo estadísticamente se comportó igual e inferior al resto de los tratamientos obteniendo un promedio de incremento de altura de 101,9 %, siendo este el promedio más bajo con un CV de 18.39 %. Los datos valores se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. Incremento de diámetro de la planta secuencia en el cultivo de banano sometido a la aplicación de rizobacterias solas y en conjunto con el calostro del pseudotallo. Simón Bolívar, 2021.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS DE INCREMENTO DE DIAMETRO (%)
T 1 P. fluorescens + calostro	36,51 a
T 2 B. subtilis + Calostro	33,42 a
T 3 Abamectina + Tiametoxam + calostro	41,83 a
T 4 P. fluorescens + B. subtilis	40,39 a
T 5 P. fluorescens	38,90 a
T 6 B. subtilis	33,39 a
T 7 Abamectina + Tiametoxam	33,49 a
T 8 Testigo	32,44 a
Promedio	36,30
Significancia	NS
Coeficiente de variación (%)	18,39

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey P≤0,05.

NS: No Significante

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la determinación de densidad de población de R similis, indican que no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, siendo iguales estadísticamente, evidenciando la influencia del calostro en la efectividad de los tratamientos. El tratamiento que presentó mejor comportamiento en relación a la disminución de la población de nemátodos fue el (T3), el cual en unión al calostro fue más eficaz, obteniendo una población de 790 nemátodos, mientras que el (T7) aislado de calostro no influyó de manera positiva reportándose valores de 4978 nemátodos R. similis. En relación al control de la densidad de la población de H. multicinctus, se puede observar la influencia del calostro en la eficacia de los tratamientos debido a que la bacteria P. fluorescens (T5) y el tratamiento químico (T7) se comportaron mejor en conjunto con el calostro que de manera individual, reportando el T5 una población de 6 678 y el T7 una población de 7 464 nematodos de H. multicinctus, siendo estos los promedios más altos.

Senthilkumar (2020) en la evaluación de la actividad antagónica de la aplicación de P. fluorescens y B. subtilis contra R. similis, indican que todos los tratamientos aumentaron significativamente los parámetros de rendimiento y se observó que la reducción de la población de nematodos en el sistema raíz fue significativa. El 86 % de la población de nematodos se redujo desde la población de nematodos inicial registrada en la aplicación combinada de P. fluorescens + B. subtilis cada 12.5 g/planta respectivamente en comparación con el control no tratado o testigo. De igual manera, Araújo et al., (2018) en su ensayo del estudio de la habilidad de colonización y penetración de Bacillus subtilis en plántulas de banano Terra cv. infectada con una población mixta de Radopholus similis, Meloidogyne spp. Pratylenchus spp. y Helicotylenchus spp. se obtuvieron como resultado que las dosis de 200 y 250 mL de B. subtilis mostraron la mayor reducción de las poblaciones de nematodos en raíces y rizomas, demostrando así la eficacia de la bacteria para el control de nematodo. Por otro lado, Canchignia et al., (2015) en su investigación sobre la aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp. como controladores biológicos de insectos y nematodos plagas, concluyeron en que P. fluorescens produce un antibiótico de amplio espectro denominado 2,4- DAPG el cual tiene propiedades antifúngicas, antibacterianos, actividades antihelmínticas y fitotóxicas. También estimula la resistencia sistémica inducida en plantas al interaccionar con las raíces de la misma inhibiendo así la penetración de la raíz por el nematodo. Referente a lo expuesto por los investigadores mencionados anteriormente, se pude definir en la presente investigación que algunos elementos tuvieron un efecto negativo en la efectividad de la acción de las bacterias.

De acuerdo al análisis del peso de raíces sanas, se demostró la inexistencia de diferencias significativas para los factores en estudio. Los tratamientos 1 (P. fluorescens + calostro) y 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro) reflejaron los promedios más altos ambos con 20 gramos de raíces sanas. El testigo estadísticamente se comportó igual al resto de los tratamientos obteniendo un promedio de 13 gramos. Estos resultados deben estar influenciados a la época en la que se realizó el estudio (época lluviosa), pudiendo verse afectados.

INIAP (2018), en su evaluación del peso de las raíces totales de las plantas de banano, reportan que existen diferencias significativas (p=0,01) entre el testigo y los rangos poblacionales del nemátodo analizados. Las plantas inoculadas con poblaciones de 8 000 – 12 000 *H. multicinctus*, presentaron el mayor peso de 433,67 g, siendo igual estadísticamente (p=0,06) a los niveles de 3 500 – 7 000 individuos con una media raíces dañadas por nematodos en g Peso de raíces totales en g de 394,3 g y a su vez se diferenció (p=0,01) del testigo que registró 322,3 g y de las poblaciones de 1 000 – 3 000 especímenes, que presentó el menor promedio (310 g). Respecto al control biológico de nematodos, las cepas de P. *fluorescens y P. putida* han demostrado una fuerte actividad antagonista contra los nematodos *Radopholus similis y Meloidogyne spp.*, en banano, maíz y tomate (Canchignia *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES Y RECOMENDASIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se delinean las siguientes conclusiones:

Las densidades poblacionales de los nematodos en estudio estaban dentro del rango de los niveles críticos para la planta secuencia o hijo. La media general obtenida de la densidad poblacional de *R. similis* fue de 3 559,95 nematodos y el nivel crítico es de 2 500. La media general obtenida de la densidad de *H. multicinctus* fue de 4 445,38 nematodos y el nivel crítico es de 5 000.

El calostro del pseudotallo influyo de manera significativa en la eficacia de los tratamientos, trabajando como captador o cebo de los nematodos en estudio, de esta manera al atraer los nematodos las rizobacterias *P. fluorescens* y *B. subtilis* y la molécula química Abamectina + Tiametoxam resultaron ser más eficaces que al emplearlas individualmente.

El tratamiento 1 (*P. fluorescens* + calostro). fue el más eficaz para el control de *R. similis*, seguido del tratamiento 3 (Abamectina + Tiametoxam + calostro). Para el control de *H. multicinctus* el tratamiento 1 fue el más eficaz.

RECOMENDACIONES

Analizadas las conclusiones, se recomienda:

Se recomienda el uso del calostro del pseudotallo como captador de micoorganismos patógenos en conjunto con productos biológicos o químicos, para la eficacia de las aplicaciones.

Implementar la rizobacteria *P. fluorescens* en el manejo de los nematodos *R. similis* y *H. multicinctus* ya que resultó ser la más promisoria en la disminución de la densidad poblacional de dichos nematodos.

Realizar investigaciones utilizando la rizobacteria *P. fluorescens* para evaluar su capacidad antagónica contra nemátodos, en diferentes nemátodos y en diferentes cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, S., Arbelo, O., Pérez, M., & Quezada, G. (2015). Pseudomonas fluorescens Migula ¿control biológico o patógeno? Revista de Protección Vegetal, 30(3), 225.
- Canchignia, H., Cruz, N., Barrera, A., Morante, J., Canchignia, G., & Peñafiel, M. (2015). Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género Pseudomonas spp como controladores biológicos de insectos y nemátodos-plagas. Ciencia y Tecnología 8(1), 25-35.
- Charles, R. (2019). The genome of the migratory nematode, Radopholus similis, reveals signatures of close association to the sedentary cyst nematodes. European Journal, 23-25.
- Chiriboga, H., Gomez, G., & Garces, K. (2015). Trichoderma para el control biologico de enfermedades. Paraguay : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Domínguez, J. D., de Souza Bravo, N., Rozane, D. E., Nomura, E. S., da Silva, S. H. M. G., & Gomes, E. N. (2020). Manejo de residuos de pseudotallo para aumentar el crecimiento de plantulas de banano. *Acta Agronomica*, 69(3), 228-234.
- Espinoza, A. (2017). Extractos botanicos con potencial aplucación en el control de nematodos en el cultivo de Banano. Universidad Tecnica de Machala, 8.
- FAO. (2020). fao.org. Retrieved from FAO web site: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC
- FAOSTAT. (2021). fao.org. Retrieved from fao web site: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL
- Guzman, O. (2015). El nematodo barrenador (Radopholus similis) del banano y platano. Luna azul ISSN N°33, 137.

- Infoagro. (2016). El cultivo del plátano (banano). Retrieved from infoagro web site: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.as
- Nuñez, C. (2016). Estudio de de poblaciones de bacterias endofitas de la rizosfera del bananopara el biocontrol del nematodo barrenador Radopholus similis. CATIE, 56 - 59.
- Pedreira, E., Ferreira, R., Aparecida, A., Martins, R., De Castro, M., Martins, M., Dos Santos, J. (2019). Effect of Bacillus subtilison Meloidogyne javanica and on Tomato Growth Promotion. ournal of Experimental Agriculture International, 35(1): 1-8.
- Piedrahita , O. (2016). EL nematodo barrenador Radopholus similis del banao. Luna Azul, 14.
- Proecuador. (2020). Proecuador web site. Retrieved from https://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/ANUARIO-COMERCIO-JUSTO-2019-2020-1.pdf
- Romero, J. (2018). Uso de hongos del genero Trichoderma spp. como controlador de nematodos en el cultivo de banano. Machala: Universidad Tecnica de Machala.
- Senthilkumar, T. (2020). Assessment on potential of bacterial biocontrol agents on plant parasitic nematodes in banana. Journal of Entomology and Zoology Studies, 8(4): 26-27.
- SIPA. (2021, Abril 15). Ministerio de Agricultura y Ganaderia. Retrieved from Ministerio de Agricultura y Ganaderia Web site: http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas
- SIPA. (2021). sipa.agricultura.gob.ec. Retrieved from sipa web site: http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/bananos

- Syngenta. (2021). syngenta.com.ec. Retrieved from syngenta web site: https://www.syngenta.com.ec/sites/g/files/zhg486/f/media/2020/05/14/ficha_tecnica_solvigo_2020.pdf?token=1589479465#:~:text=SOLVIGO%20es%20un%20insecticida%20nematicida,tambi%C3%A9n%20especies%20que%20atacan%20ra%C3%ADces.
- Thammaiah, N., Shirol, A., Prakash, P., & Praveen, J. (2019). Management of burrowing nematode, Radopholus similis in banana by using biocontrol agents. Journal of Entomology and Zoology Studies, 7(3): 985-989.
- Xin Huang, L., Chun-Ling, X., Si-Hua, Y., Jun-Ji, L., Hong-Le, W., Zi-Xu, Z., . . . Hui, X. (2019). Life-stage specific transcriptomes of a migratory endoparasitic plant nematode, Radopholus similis elucidate a different parasitic and life strategy of plant parasitic nematodes. Scientifics Reports N° 9, 34 36.
- Yanez, W., Quevedo, J., García, R., Herrera, S., & Luna, A. (2020). Determinación de la relación carga química grados brix en hojas y frutos de banano clon williams (Musa x paradisiaca). Revista Universidad y Sociedad, 12(5), 421-430.
- Zhang, Y., Wang, J., Xie, F., Li, C., Zhang, B., Nichols, R., & Pan, X. (2016). Identification and characterization of microRNAs in the plant parasitic root-knot nematode Meloidogyne incognita using deep sequencing, Funct. Integr Genomics, 22.
- Al-Daour, Ahmed F., Mohammed O. Al-Shawwa, y Samy S. Abu-Naser. 2020. «Banana Classification Using Deep Learning». *International Journal of Academic Information Systems Research (IJAISR)* 3(12):6-11.
- Araújo, J. J. da S., M. de F. S. Muniz, G. Moura Filho, F. da S. Rocha, y J. M. da Cunha e Castro. 2018. «Bacillus subtilis in the treatment of banana plantlets infected by nematodes.» *Revista Ceres* 65(1):99-103.
- Azam, Farooq, Muhammad Inam ul Haq, Umair Mehmood, Tayyab Shahzad, Usama Latif, y Muhammad Saeed. 2018. «Evaluation of Biocontrol Potential of Pseudomonas Fluorescens against Root-Knot Nematode (Meloidogyne Javanica) Infecting Chili». *Plant Protection* 2(2):57-62.

- Burgos, Sulen, y María Eugenia. 2020. «Biomass-Based Hydrogels to Prevent Diseases Related to Nematodes in Agriculture».
- Caulier, Simon, Catherine Nannan, Annika Gillis, Florent Licciardi, Claude Bragard, y Jacques Mahillon. 2019. «Overview of the Antimicrobial Compounds Produced by Members of the Bacillus subtilis Group». Frontiers in Microbiology 10:302. doi: 10.3389/fmicb.2019.00302.
- Chabla Salas, Francisco Agustín. 2021. «Evaluación de nematicidas en la reducción de la población de Radopholus similis en el cultivo de banano Musa AAA en la parroquia de Pancho Negro, cantón la Troncal, provincia del Cañar.»
- Chedjou, Israël Tankam, Suzanne Touzeau, Ludovic Mailleret, Frédéric Grognard, y Jean Tewa. 2019. «Agricultural Control of Radopholus Similis in Banana and Plantain Plantations».
- Condemarín Montealegre, Carlos, Mercedes Oyola Medina, Eric Mialhe, Juan Quimi Mujica, Segundo Astudillo Urbina, Savina Gutierrez Calle, Carolina Barreto Castillo, Cesar Túllume Pisfil, Paulo Duarte, y Gustavo LeónTemple. 2018. «Efecto de bacterias nativas del suelo cultivado y prístino sobre el control del nematodo agallador radicular, Meloidogyne javanica. en condiciones in vitro y producción de biomasa». *Arnaldoa* 25(2):515-28. doi: 10.22497/arnaldoa.252.25211.
- Cruz Rodríguez, Giorman Darlyn. 2021. «Efecto de la proporción de fibra y almidón obtenidos del pseudotallo de banano (Musa acuminata) en las propiedades de bandejas biodegradables».
- Domínguez Begines, J., G. de Deyn, Luis V. García, y Lorena Gómez Aparicio. 2019. «Efectos del decaimiento del alcornoque en la red trófica del suelo utilizando los nematodos como bioindicadores».
- García, Valeriano Bustamante, y Jhon Cobeña Cobeña. 2019. «Efecto del Fluopyram (Verango) en el control de Radopholus similis en el cultivo banano». *Alternativas* 20(2):49-55.

- Guerrero, José Nicasio Quevedo, Alcívar Mauricio Delgado Pontón, Ivanna Gabriela Tuz Guncay, y Rigoberto Miguel García Batista. 2019. «Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno». *Revista Científica Agroecosistemas* 7(2):190-97.
- Guzmán-Piedrahita, Óscar Adrián, Carolina Zamorano-Montañez, Horacio Daniel López-Nicora, Óscar Adrián Guzmán-Piedrahita, Carolina Zamorano-Montañez, y Horacio Daniel López-Nicora. 2020. «Interacciones fisiológicas de plantas con nematodos fitoparásitos: una revisión». *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 24(2):190-205. doi: 10.17151/bccm.2020.24.2.13.
- Hashem, Abeer, Baby Tabassum, y Elsayed Fathi Abd_Allah. 2019. «Bacillus Subtilis: A Plant-Growth Promoting Rhizobacterium That Also Impacts Biotic Stress». *Saudi Journal of Biological Sciences* 26(6):1291-97. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.05.004.
- Hernández-Juárez, Agustín, Melchor Cepeda-Siller, Gabriel Gallegos-Morales, Julio C. Chacón-Hernández, Salvador Ordaz-Silva, Aideé González-Ruíz, Agustín Hernández-Juárez, Melchor Cepeda-Siller, Gabriel Gallegos-Morales, Julio C. Chacón-Hernández, Salvador Ordaz-Silva, y Aideé González-Ruíz. 2015. «Actividad nematicida de productos orgánicos comerciales, contra Ditylenchus dipsaci (Tylenchida: Anguinidae) bajo condiciones de laboratorio». Revista mexicana de ciencias agrícolas 6(SPE11):2247-52. doi: 10.29312/remexca.v0i11.807.
- Izquierdo, Mariela, y Mónica Armas. 2018. «Propuesta de un protocolo de fertilización como una estrategia para el control de nematodos en el cultivo de banano». *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales* 12(1):31-42. doi: 10.53591/cna.v12i1.272.
- K. Soorianathasundaram, C. Sankar, N. Kumar G. Karunakaran, y M. Sivakumar. 2017. «Induction of Resistant to Radopholus similis and Defence Related Mechanism in Susceptible and Resistance Banana Hybrids Infected with

- Radopholus similis». *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(4):1668-84. doi: 10.20546/ijcmas.2017.604.202.
- Kotasthane, Anil S., Toshy Agrawal, Najam Waris Zaidi, y U. S. Singh. 2017. «Identification of Siderophore Producing and Cynogenic Fluorescent Pseudomonas and a Simple Confrontation Assay to Identify Potential Bio-Control Agent for Collar Rot of Chickpea». *3 Biotech* 7(2):137. doi: 10.1007/s13205-017-0761-2.
- Kovács, Ákos T. 2019. «Bacillus Subtilis». *Trends in Microbiology* 27(8):724-25. doi: 10.1016/j.tim.2019.03.008.
- Kumudini, Belur Satyan, Nellickal Subramanyan Jayamohan, y Savita Veeranagouda Patil. 2017. «Integrated Mechanisms of Plant Disease Containment by Rhizospheric Bacteria: Unraveling the Signal Cross Talk Between Plant and Fluorescent Pseudomonas». Pp. 263-91 en *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Volume 2: Applications in Crop Production and Protection*, editado por V. S. Meena, P. K. Mishra, J. K. Bisht, y A. Pattanayak. Singapore: Springer.
- Maiguashca Tapia, Franklin Luthero. 2018. «Pruebas de hoja simple con productos biorracionales, para el control de sigatoka negra Mycosphaerella fijiensis var. difformis, en el cultivo de banano Musa acuminata AAA.»
- Martínez, Sara Tenesaca, José Nicasio Quevedo Guerrero, y Rigoberto Miguel García Batista. 2019. «Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (Musa X Paradisiaca L.) Clon Williams». Revista Científica Agroecosistemas 7(3):134-41.
- Migunova, Varvara D., y Nicola Sasanelli. 2021. «Bacteria as Biocontrol Tool against Phytoparasitic Nematodes». *Plants* 10(2):389. doi: 10.3390/plants10020389.
- Murgueitio-Manzanares, E., Campo-Fernández, M., Nirchio-Tursellino, M., Cuesta-Rubio, O., & Tocto-León, J. (2019). Composición química y actividad biológica del pseudotallo de Musa x paradisiaca L (BANANO). *CIENCIA UNEMI*, 12(31), 19-29.

- Rendón Restrepo, Luisa Fernanda. 2020. «Capacitación a productores sobre el nematodo fitoparásito Radopholus similis, en cultivos de musáceas y su respectivo biocontrolador, Paecilomyces lilacinus, en el municipio de Andes-Antioquia, Colombia».
- Rodríguez-Sahagún, Araceli, Antonio Velasco-Jiménez, Osvaldo Castellanos-Hernández, Gustavo Acevedo-Hernández, y Rayn Clarenc Aarland. 2020.
 «Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura».
 REVISTA TERRA LATINOAMERICANA 38(2):333-45. doi: 10.28940/terra.v38i2.470.
- Piedra-Naranjo, R. (2018). Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Revista Tecnología en Marcha*, 21(1). 123.
- Torres, Pedro, Rafael Segura, Jorge Sandoval, Roddy Ortega, y Juan Samuels.

 2020. «MANEJO DE LA SANIDAD RADICAL DEL CULTIVO DEL BANANO

 MEDIANTE RIZOESTIMULANTES MICROBIANOS, ENMIENDAS

 ORGÁNICAS Y MINERALES Relación Suelo-Planta/ Nota Técnica».
- Turatto, Marcielly F., Fernanda dos S. Dourado, Jerri E. Zilli, y Glória R. Botelho. 2018. «Control Potential of *Meloidogyne Javanica* and *Ditylenchus* Spp. Using *Fluorescent Pseudomonas* and *Bacillus* Spp.» *Brazilian Journal of Microbiology* 49:54-59. doi: 10.1016/j.bjm.2017.03.015.
- Vargas Calvo, Alfonso, y Douglas Cubillo Sánchez. 2010. «http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0377-94242010000200013&Ing=en&nrm=iso&tIng=en». Agronomía Costarricense 34(2):287-97.
- Vargas, A., Guillén, C. & Arce, R. 2013. Efecto del manejo del pseudotallo de banano (Musa AAA) a la cosecha sobre la planta sucesora. Revista Agronomía. 21(2): 19-28.
- Vásquez-Castillo, Wilson, Mauricio Racines-Oliva, Pablo Moncayo, William Viera, María Seraquive, Wilson Vásquez-Castillo, Mauricio Racines-Oliva, Pablo Moncayo, William Viera, y María Seraquive. 2019. «Calidad del fruto y

- pérdidas poscosecha de banano orgánico Musa acuminata en el Ecuador». Enfoque UTE 10(4):57-66. doi: 10.29019/enfoque.v10n4.545.
- Velasco-Jiménez, Antonio, Osvaldo Castellanos-Hernández, Gustavo Acevedo-Hernández, Rayn Clarenc Aarland, Araceli Rodríguez-Sahagún, Antonio Velasco-Jiménez, Osvaldo Castellanos-Hernández, Gustavo Acevedo-Hernández, Rayn Clarenc Aarland, y Araceli Rodríguez-Sahagún. 2020. «Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura». *Terra Latinoamericana* 38(2):333-45. doi: 10.28940/terra.v38i2.470.
- Wram, Catherine L., Cedar N. Hesse, Sulochana K. Wasala, Dana K. Howe, Amy B. Peetz, Dee R. Denver, Danny Humphreys-Pereira, y Inga A. Zasada. 2019. «Genome Announcement: The Draft Genomes of Two Radopholus similis populations from Costa Rica». *Journal of Nematology* 51:e2019-52. doi: 10.21307/jofnem-2019-052.
- Ying, Sheng-Hua, y Ming-Guang Feng. 2019. «Insight into vital role of autophagy in sustaining biological control potential of fungal pathogens against pest insects and nematodes». *Virulence* 10(SI1):429-37. doi: 10.1080/21505594.2018.1518089.

ANEXOS

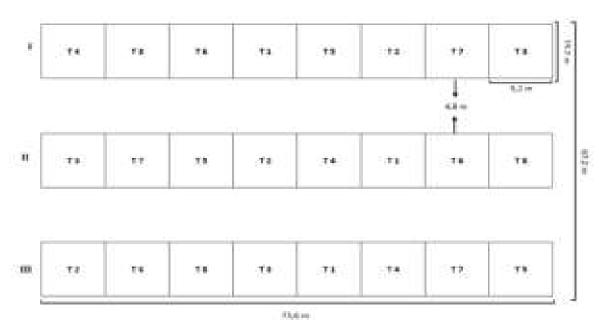


Gráfico 3. Croquis de campo



Anexo N° 1. Tratamientos sin aplicación - testigo

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 2 Tratamiento con aplicación *P .fluorescens* + *B. Subtilis.*



Anexo N° 3. Tratamiento con aplicación de abamectina+tiametoxam+calostro.

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 4 Aplicaciones de nematicida a los diferentes tratamientos.



Anexo N° 5 Tratamientos con el producto *B.subtilis*+calostro.

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 6 Tratamientos con el producto abamectina+tiametoxan + calostro.



Anexo N° 7. Tratamiento con aplicación de abamectinca + tiametoxam Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 8. Aplicación de productos nematicidas Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 9. Aplicación de producto en sus respectivos tratamientos Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 10. Identificación de productos para el proyecto de tesis Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 11. Producto Biogen (*Pseudomona fluorescens*)

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 12. Producto Serenade 1.34 Sc (*Bacilus subtilis*)

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 13. Producto Solvigo (Abamectina + Tiametoxam)

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 14. Aplicación de productos in vitro en cajas petri Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 15. Identificación de las cajas petri con sus respectivos tratamientos Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 16.cajas petri – testigo Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 17. Identificación de cajas petri - Tratamiento T7

Elaborado Por: El Autor, 2022

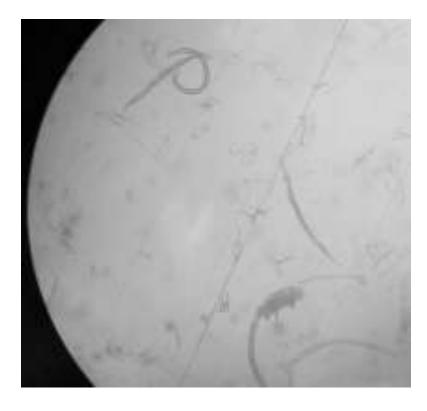


Anexo N° 18. Identificación de cajas petri - Tratamientos T4

Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 19. Peso de suelo esterilizado para sus respectivas cajas petri Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 20. Identificación mediante microscopio de los nemátodos Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 21. Proceso en laboratorio de extracción de los nemátodos Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 22. Extracción de nemátodos en proceso Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 23. Nemátodos en extracción para el respectivo conteo Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 24. Licuado de las raíces para el proceso de extracción Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 25. Licuado de raíces sanas Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 26. Licuado de raíces de banano para su identificación Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 27. Conteo promedio de nemátodos en el microscopio Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 28. Identificación de nemátodos mediante microscopio Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 29. Aplicación de calostro en la secuencia Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 30. Recolección de raíz de banano para su análisis Elaborado Por: El Autor, 2022



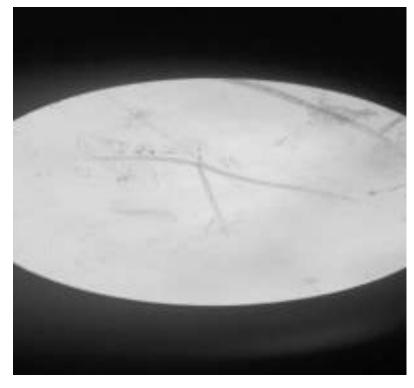
Anexo N° 31. Visita del tutor al campo de experimento Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 32. Elaboración de letreros para cada tratamiento Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 33. Recolección de muestras con el tutor Dr. Daniel Mancero Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 34. Identificación de los nemátodos mediante microscopio Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 35. Muestras de raíces de banano identificada como bloque 3 Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 36. Bloque de raíces de banano identificada como bloque 2 Elaborado Por: El Autor, 2022



Anexo N° 37. Muestras de raiz de banano identificada como bloque 1 Elaborado Por: El Autor, 2022

LABORATORIO DE BOTÂNICA Y ENTOMOLOGÍA.

Datos del cliente: Luis Kevin Cruz Miranda Identificación de la(s) muestra(s): LBE-2021-005

Fecha de recepción de las muestras: 5 de octubre del 2021

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Se recibieron en el laboratorio cinco muestras de raices de plantas de banano para la realización de extracción, conteo e identificación de nematodos. Estas muestras presentaban sintomas de lesiones y manchas rojizas en diferentes puntos.

METODOLOGÍA:

La metodología empleada es la de separación por medio de gradiente de sacarosa, para esto se emplearon 100g de raiz para cada una de las extracciones.

RESULTADOS:

En la siguiente tabla se incluye el conteo de los diferentes géneros de nematodos fitopatógenos por 100g de raíz.

Muestra/ especie	Radopholus similis	Helicotylenchus sp.	Protylenchus sp.	Meloidogyne sp	
T782	6120	3680	0	16	
T682	2106	2916	0	32	
T683	6090	2565	130	45	
T881 525		410	150	35	
T481	3556	3780	0	98	

Los umbrales económicos para plantas de banano en campo son:

Radopholus similis: 10.000/100g de raiz en plantas madre

2.500/100g de raíz en plantas hijas.

Helicotylenchus sp.: 35.000/100g de raíz en plantas adultas de banano

5.000/100g de raiz en plantas hijas

Meloidogyne sp.: no está considerado como importante para el manejo de la plantaciónes-

adultas.

LABORATORIO DE BOTÂNICA Y ENTOMOLOGÍA

Datos del cliente: Luis Kevin Cruz Miranda Identificación de la(s) muestra(s): LBE-2021-005

Fecha de recepción de las muestras: 7 de octubre del 2021

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Se recibieron en el laboratorio 16 muestras de raices de plantas de banano para la realización de extracción, conteo e identificación de nematodos. Estas muestras presentaban sintomas de lesiones y manchas rojizas en diferentes puntos.

METODOLOGÍA:

La metodología empleada es la de separación por medio de gradiente de sacarosa, para esto se emplearon 100g de raiz para cada una de las extracciones, excepto la muestra B2T8 de la que se solo se pudieron extraer 80g de raiz para el proceso.

RESULTADOS:

En la siguiente tabla se incluye el conteo de los diferentes géneros de nematodos: fitopatógenos por 100g de raíz.

Muestra/ especie	Helicotylenchus sp.	Radapholus similis	Melaidagyne sp
B2T2	2457	2310	0
B117	5775	4935	0
B2T1	4641	4250	0
81T1	5625	4800	0
B1T6	14715	2820	165
81T8	294	294	. 0
B172	8000	11660	1060
B1T3	3220	8240	140
B2T3	920	60	0
B3T5	840	3140	180
B3T3	2025	3465	0
B3T2	1350	8540	0
B3T1	3000	2640	0
8218	4920	13600	0
BZT5	3080	10780	0
B3T7	1320	6640	0

Los umbrales económicos para plantas de banano en campo son: Rodopholus similis: 10.000/100g de raiz en plantas madre

LABORATORIO DE BOTÁNICA Y ENTOMOLOGÍA

Datos del cliente: Luis Kevin Cruz Miranda Identificación de la(s) muestra(s): LBE-2021-003

Fecha de recepción de las muestras: 22 de sept del 2021

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Se recibieron en el laboratorio tres muestras de raices de plantas de banano para la realización de extracción, conteo e identificación de nematodos. Estas muestras presentaban sintomas de lesiones y manchas rojtras en diferentes puntos.

METODOLOGÍA:

La metodología empleada es la de separación por medio de gradiente de sacarosa, para esto se emplearon 100g de raiz para cada una de las extracciones.

RESULTADOS:

En la siguiente tabla se incluye el conteo de los diferentes géneros de nematodos fitopatógenos por 100g de raiz.

Muestra/ especie	Radopholus similis	Helicotylenchus sp.	Meloidogyne sp.	
PT1-T5-R1	2302	266	0	
T4-R2	1100	2660	0	
T4 - R3	1458	2238	78	

Los umbrales económicos para plantas de banano en campo son:

Rodopholus similis: 10.000/100g de raiz Helicotylenchus sp.: 35.000/100g de raiz.

Meloidogyne sp.: no está considerado como importante para el manejo de la plantaciónes

adultas.

Anexo N° 38. Incidencia inicial de los nemátodos en estudio

SABORATORIO DE ROTÁNICA Y MICIONIDADA

Datos del cliente: Luis Kirvin Cruz Miranda Identificación de la(s) muestra(s): URE 2022-002 Fecha de recepción de las muestras: 1 de abril del 2022

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Se recibieron en el laboratorio 24 muestras de raices de plantas de banano para la realitación de extracción, conteo e identificación de nematodos. Estas muestras presentaban sintomas de lesiones y manchas regizas en diferentes puntos.

MITODOLOGÍA:

La motodología empleada es la de separación por medio de gradiente de sacaresa, para esto se emplearon 100g de raiz para cada una de las extracciones.

RESILEADOS

En la siguiente tabla se incluye el conteo de los diferentes géneros de nemanodos. Roganogenos por 100g de raíz.

Muestra/ especie	Helicotylenchus sp.	Radopholas almilis	Meloklogyna No.	Protylenehus sa.
BITI	180		0	0
81172	2923	600	63	0
8173	4725	1995	467	992
0014	1900	- 6	- 0	0
8475	230	257	47	0
8176	4307	3202	0	0.
9177	16067	9733	.0	0
BATH	4307	800	111	D
0271	3625	2575	-0	0
8212	14600	1350	0	0
8273	3600	33%	1000	0
8274	4095	8705	-0	D
8275	6825	700	0	D
8276	2000	1075	0	2430
8317	2250	850	0	750
8278	6350	4525	-0	0
0371	3300	2650	0	0
8372	3073	8330	0	0
BITT	1125	- 4	1875	0
8374	5875	175	Ð	0
EITS	13000	9575		0
HITS	4160	0	600	0
1317	4073	4350	375	. 0
0.010	4740	1920	480	. 0

tues umbrailes econdimicos para plantas de barrano en carrupo con:

Hardopholus similie: 10.000/100g de raiz en plantas mache

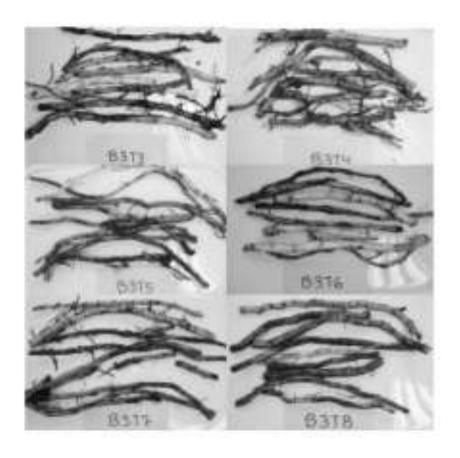
2.500/100g de raiz en plantas hipas

Helicotylenohus sp.: 55.000/1/00g de roiz en plantas adultas de tranano

5.000/300g de raix en plantas hijas.

Meleidagyne sp.: no está considerado como importante para el manejo de la plantaciónes.

Anexo N° 39. Análisis de densidad final de los nemátodos



Anexo N° 40. Fotografías de las muestras analizadas

LANDRATORIO DE SUELOS

Dates del cliente: Juan Kevin Cruz Miranda.

Identificación de lata) muestra(s): LBE-2021-056

Fecha de recepción de las muestras: 22 de Enero del 2022.

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se reobieron en el laborationo dos muestras de 255 gramos de calcetro del pseudotallo del cultivo de tienero.

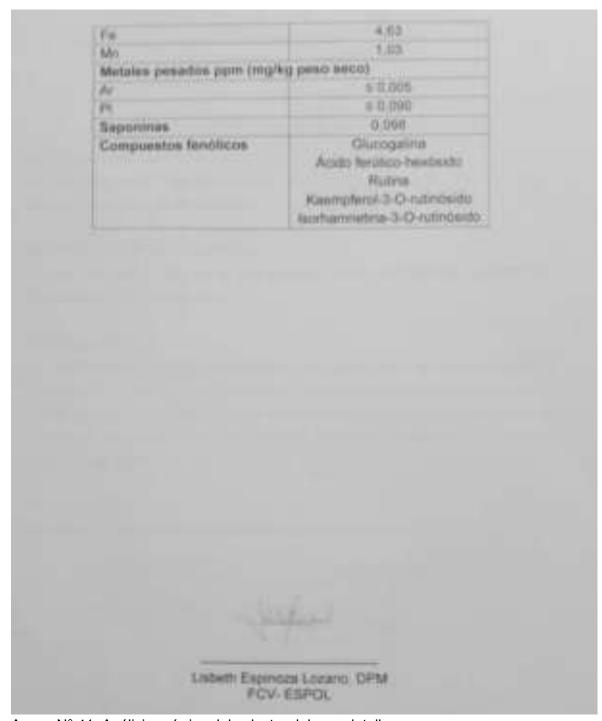
METODOLOGIA:

La metodología emplicada para el análisis químico cuantitativo, se resticó a través de un terrizaje fitoquímico, por cromatografía en capa delgada y mediante cromatografía liquida de alta eficiencia acoptada a espectrometria de masas, deferminando la carridad de macroelementos, microelementos, sugriendo la existencia de saponinas y compuestos fenólicos.

RESULTADOS:

En la siguiente table se la composición quimica de la muestra:

PARAMETRO	COMPOSICIÓN
Humedad (%)	5,89
Macrominerales (% peso	
N	0.65
P	0.60
K	1.01
Ca	0.56
Mg	0.48
Microminerales ppm (mg	/kg peso seco)
Zh	0.96
Cu	0.24



Anexo N° 41. Análisis químico del calostro del pseudotallo

APENDICE

Tabla 11. Datos de incremento de altura de la planta

Tratamientos	Incremento de altura							
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	ӯ			
T 1	109,6	132	144,9	386,5	128,8			
T 2	144,7	140,8	148,0	433,5	144,5			
T 3	152,1	142	167,4	461,5	153,8			
T 4	147,7	137	137,3	421,7	140,6			
T 5	159,6	142,9	137,3	439,7	146,6			
T 6	114,3	132	136,0	382,3	127,4			
T 7	144,7	110	135,3	390,2	130,1			
T 8	137,0	110,9	118,2	366,0	122,0			
Σ	1109,6	1047,5	1124,3	3281,4	1093,80			

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 12. Análisis de varianza del incremento de altura

Análisis de la varianza

 Variable
 N
 R²
 R²
 Aj
 CV

 Altura
 24
 0,58
 0,31
 9,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3039,24	9	337,69	2,16	0,0946
Tratamientos	2622,63	7	374,66	2,40	0,0774
Bloques	416,61	2	208,30	1,33	0,2949
Error	2185,81	14	156,13		
Total	5225,05	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=36,00045

	-		,			,
Error: 1	156,12	296	gl:	14		
Tratamie	entos	Med	dias	n	E.E.	
3		153	3,83	3	7,21	Α
5		146	5,60	3	7,21	Α
2		144	1,50	3	7,21	Α
4		140	,57	3	7,21	Α
7		130	,07	3	7,21	Α
1		128	8,83	3	7,21	Α
6		127	7,43	3	7,21	Α
8		122	2,03	3	7,21	Α
		7 /		,		$\overline{}$

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 13. Datos del incremento de diámetro

Tratamientos	Incremento de diámetro						
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 1 Bloque 2 Bloque 2		Σ	ӯ		
T 1	87,0	133,3	123,8	344,1	114,7		
T 2	100,0	123,8	91,3	315,1	105,0		
T 3	109,1	155,0	130,0	394,1	131,4		
T 4	152,4	145,0	83,3	380,7	126,9		
T 5	128,6	119,0	119,0	366,7	122,2		
T 6	87,5	113,6	113,6	314,8	104,9		
T 7	75,0	145,0	95,7	315,7	105,2		
T 8	91,3	100,0	114,3	305,6	101,9		
Σ	830,8	1034,8	871,1	2736,7	912,23		

Tabla 14. Análisis de varianza del incremento de diámetro

Análisis de la varianza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5683,23	9	631 , 47	1,44	0,2622
Tratamientos	2769,06	7	395 , 58	0,90	0,5329
Bloques	2914,17	2	1457,09	3,31	0,0663
Error	6154 , 67	14	439,62		
Total	11837,91	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=60,40931

Error: 439,6196 gl: 14 Tratamientos Medias n E.E. 131,37 3 12,11 A 3 4 126,90 3 12,11 A 5 122,20 3 12,11 A 114,70 3 12,11 A 1 7 105,23 3 12,11 A 2 105,03 3 12,11 A 104,90 3 12,11 A 101,87 3 12,11 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 15. Peso de raíces sanas

Tratamientos	Peso de raices sanas						
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	ӯ		
T 1	26	18	16	60	20		
T 2	20	15	18	53	18		
T 3	17	18	24	59	20		
T 4	24	16	18	58	19		
T 5	16	14	15	45	15		
T 6	13	14	10	37	12		
T 7	14	13	16	43	14		
T 8	12	13	15	40	13		
Σ	142	121	132	395	131,67		

Tabla 16. Análisis de varianza de peso de raíces sanas

Análisis de la varianza

	Vá	ariable		N	R²	R²	Αj	CV
Peso	de	raices	sanas	24	0,64	0	, 42	18,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	225,54	9	25,06	2,82	0,0401
Bloques	27,58	2	13,79	1,55	0,2462
Tratamientos	197,96	7	28,28	3,18	0,0310
Error	124,42	14	8,89		
Total	349,96	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,58896

Error: 8,8869 gl: 14

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
6	12,33	3	1,72	Α
8	13,33	3	1,72	Α
7	14,33	3	1,72	Α
5	15,00	3	1,72	Α
2	17,67	3	1,72	Α
4	19,33	3	1,72	Α
3	19 , 67	3	1,72	Α
1	20,00	3	1,72	Α

 $\overline{\text{Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)}$

Tabla 17. Peso de raíces dañadas

Tratamientos		Peso de i	raíces dañadas		
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 1 Bloque 2 Bloque 3		Σ	ӯ
T 1	6	14	16	36	12
T 2	12	15	14	41	14
T 3	16	12	6	34	11
T 4	7	13	18	38	13
T 5	19	18	18	55	18
T 6	17	20	10	47	16
T 7	14	18	16	48	16
T 8	24	14	14	52	17
Σ	115	124	112	351	117,00

Tabla 18. Análisis de varianza de peso de raíces dañadas

Análisis de la varianza

Variable			N	R²	R²	Αj	CV	
Peso	de	raices	dañadas	24	0,34	0	,00	31,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	149,38	9	16,60	0,80	0,6227
Bloques	9,75	2	4,88	0,24	0,7935
Tratamientos	139,63	7	19,95	0,96	0,4935
Error	290,25	14	20,73		
Total	439,63	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,11860

Error: 20,7321 gl: 14

Tratamientos Medias n E.E.
3 11,33 3 2,63 A
1 12,00 3 2,63 A
4 12,67 3 2,63 A

4 12,67 3 2,63 A 2 13,67 3 2,63 A 6 15,67 3 2,63 A 7 16,00 3 2,63 A 8 17,33 3 2,63 A 5 18,33 3 2,63 A

 $\overline{\text{Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)}$

Tabla 19. Densidad inicial de Radhopholus

Tratamientos	Densidad inicial de Radhopholus							
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ӯ			
T 1	5625	4641	3000	13266	4422			
T 2	8000	2457	1350	11807	3936			
T 3	3220	920	2025	6165	2055			
T 4	3556	1100	1458	6114	2038			
T 5	2302	3080	840	6222	2074			
T 6	14715	2106	6090	22911	7637			
T 7	5775	6120	1320	13215	4405			
T 8	525	4920	294	5739	1913			
Σ	43718	25344	16377	85439	28479,67			

Tabla 20. Densidad inicial de Radhopholus (Log 10)

Tratamientos	Dens	idad inicial de f	Radhopholus (Lo	og 10)	
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 1 Bloque 2 Bloque 3		Σ	Ӯ
T 1	3,8	3,7	3,5	10,9	3,6
T 2	3,9	3,4	3,1	10,4	3,5
T 3	3,5	3,0	3,3	9,8	3,3
T 4	3,6	3,0	3,2	9,8	3,3
T 5	3,4	3,5	2,9	9,8	3,3
T 6	4,2	3,3	3,8	11,3	3,8
T 7	3,8	3,8	3,1	10,7	3,6
T 8	2,7	3,7	2,5	8,9	3,0
Σ	28,7	27,4	25,4	81,5	27,2

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 21. Análisis de varianza de Densidad inicial de Radhopholus (Log 10)

Análisis de la varianza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,11	9	0,23	2,07	0,1075
TRATAMIENTOS	1,40	7	0,20	1,77	0,1727
Bloque	0,71	2	0,35	3,13	0,0754
Error	1,59	14	0,11		
Total	3,70	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,96967

Error: 0,1133 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
Т6	3,76	3	0,19	Α	
T1	3,63	3	0,19	Α	
Т7	3,56	3	0,19	Α	
T2	3,47	3	0,19	Α	
Т3	3,26	3	0,19	Α	
T5	3,26	3	0,19	Α	
T4	3,25	3	0,19	Α	
Т8	2,96	3	0,19	Α	

 $\frac{T8}{M}$ 2,96 3 0,19 A Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,44043

Error: 0,1133 gl: 14 Bloque Medias n E.E. bloque 1 3,59 8 0,12 A bloque 2 3,42 8 0,12 A
bloque 3 3,17 8 0,12 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 22. Densidad final de Radhopholus

Tratamientos	Densidad final de Radhopholus								
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ӯ				
T 1	0	2575	1650	4225	1408				
T 2	600	1350	8350	10300	3433				
T 3	1995	375	0	2370	790				
T 4	0	3705	875	4580	1527				
T 5	257	700	5575	6532	2177				
T 6	3202	1875	0	5077	1692				
T 7	9733	850	4350	14933	4978				
T 8	800	4525	1920	7245	2415				
Σ	16587	15955	22720	55262	18420,67				

Tabla 23. Densidad final de Radhopholus (Log 10)

Tratamientos	Densidad final de Radhopholus (Log 10)								
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	У				
T 1	1,0	3,4	3,2	7,6	2,5				
T 2	2,8	3,1	3,9	9,8	3,3				
Т3	3,3	2,6	1,0	6,9	2,3				
T 4	1,0	3,6	2,9	7,5	2,5				
T 5	2,4	2,9	3,7	9,0	3,0				
Т6	3,5	3,3	1,0	7,8	2,6				
T 7	4,0	2,9	3,6	10,6	3,5				
T 8	2,9	3,7	3,3	9,9	3,3				
Σ	20,9	25,4	22,8	69,1	23,0				

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 24. Análisis de varianza de Densidad inicial de Radhopholus log 10 Análisis de la varianza

Análisis de la varianza

 Variable
 N
 R²
 R²
 Aj
 CV

 LOG10_INCIDENCIA
 24
 0,27
 0,00
 35,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	5 , 55	9	0,62	0,58	0,7951	
TRATAMIENTOS	4,27	7	0,61	0,57	0,7681	
Bloque	1,28	2	0,64	0,60	0,5633	
Error	14,97	14	1,07			
Total	20,53	23				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,97975

Error: 1,0696 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
Т7	3,52	3	0,60	Α
T8	3,28	3	0,60	Α
T2	3,28	3	0,60	Α
T 5	3,00	3	0,60	Α
T6	2,59	3	0,60	Α
T1	2,54	3	0,60	Α
Т4	2,50	3	0,60	Α
T3	2,29	3	0,60	Α

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,35343

Error: 1,0696 gl: 14

Bloque Medias n E.E.
bloque 2 3,17 8 0,37 A
bloque 3 2,84 8 0,37 A
bloque 1 2,61 8 0,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 25. Densidad inicial de Helicotilenchus

Tratamientos	Densidad inicial de Helicotilenchus								
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ӯ				
T 1	4800	4250	2640	11690	3897				
T 2	11660	2310	8540	22510	7503				
T 3	8240	60	3465	11765	3922				
T 4	3780	2660	2238	8678	2893				
T 5	266	10780	3140	14186	4729				
T 6	2820	2916	2565	8301	2767				
T 7	4935	3680	6640	15255	5085				
T 8	410	13600	294	14304	4768				
Σ	36911	40256	29522	106689	35563,00				

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 26. Densidad inicial de Helicotilenchus (Log 10)

Tratamientos	Densidad inicial de Helicotilenchus (Log 10)									
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	У					
T 1	3,7	3,6	3,4	10,7	3,6					
T 2	4,1	3,4	3,9	11,4	3,8					
T 3	3,9	1,8	3,5	9,2	3,1					
T 4	3,6	3,4	3,3	10,4	3,5					
T 5	2,4	4,0	3,5	10,0	3,3					
T 6	3,5	3,5	3,4	10,3	3,4					
T 7	3,7	3,6	3,8	11,1	3,7					
T 8	2,6	4,1	2,5	9,2	3,1					
Σ	27,4	27,4	27,4	82,3	27,4					

Tabla 27. Análisis de varianza de Densidad inicial de Helicotilenchus (Log 10)

Análisis de la varianza

Variak	ole	N	R ²	\mathbb{R}^2	Αj	CV
incidencia	inicial	24	0,21	0	,00	17,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,53	7	0,22	0,60	0,7457
Tratamientos	1,53	7	0,22	0,60	0,7457
Error	5,81	16	0,36		
Total	7,35	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,70393

Error: 0,3633 gl: 16

Τı	ratamientos	Medias	n	Е.Е.	
Т	2	3,80	3	0,35	Α
Т	7	3,70	3	0,35	Α
Т	1	3 , 57	3	0,35	Α
Т	6	3 , 47	3	0,35	Α
Т	4	3,43	3	0,35	Α
Т	5	3,30	3	0,35	Α
Т	8	3,07	3	0,35	Α
Τ	3	3,07	3	0,35	Α

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 28. Densidad final de Helicotilenchus

Tratamientos		Densidad	final de Helic	otilenchus	
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ӯ
T 1	180	3925	5300	9405	3135
T 2	2923	14600	1075	18598	6199
T 3	4725	3600	1125	9450	3150
T 4	1900	4095	5375	11370	3790
T 5	210	6825	13000	20035	6678
T 6	4307	1000	4160	9467	3156
T 7	16067	2250	4075	22392	7464
T 8	4367	6350	4740	15457	5152
Σ	34679	42645	38850	116174	38724,67

Tabla 29. Densidad final de Helicotilenchus (Log 10)

Tratamientos	Densidad final de Helicotilenchus (Log 10)								
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	У				
T 1	2,3	3,6	3,7	9,6	3,2				
T 2	3,5	4,2	3,0	10,7	3,6				
T 3	3,7	3,6	3,1	10,3	3,4				
T 4	3,3	3,6	3,7	10,6	3,5				
T 5	2,3	3,8	4,1	10,3	3,4				
T 6	3,6	3,0	3,6	10,3	3,4				

T 7	4,2	3,4	3,6	11,2	3,7
T 8	3,6	3,8	3,7	11,1	3,7
Σ	26,5	28,9	28,6	83,9	28,0

Tabla 30. Análisis de varianza de densidad inicial de Helicotilenchus

Análisis de la varianza

Variab]	Le	N	R²	\mathbb{R}^2	Αj	CV
Incidencia	final	24	0,12	0	,00	15,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,63	7	0,09	0,31	0,9401
Tratamientos	0,63	7	0,09	0,31	0,9401
Error	4,71	16	0,29		
Total	5,34	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,53319

Error: 0,2942 gl: 16

T	ratamientos	Medias	n	E.E.		
Т	7	3,73	3	0,31	Α	
Т	8	3,70	3	0,31	Α	
Т	2	3 , 57	3	0,31	Α	
Т	4	3,53	3	0,31	Α	
T	3	3 , 47	3	0,31	Α	
T	6	3,40	3	0,31	Α	
T	5	3,40	3	0,31	Α	
Т	1	3,20	3	0,31	Α	

 $\frac{T\ 1}{Medias\ con\ una\ letra\ común\ no\ son\ significativamente diferentes\ (p>0,05)}$