



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

BIOCONTROL DE PICUDO NEGRO (*Cosmopolites sordidus*) MEDIANTE NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS (*Steinernema feltiae*) EN BANANO, EL TRIUNFO-GUAYAS
TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AGRÓNOMA

AUTOR
SUÁREZ BAQUERIZO MARÍA FERNANDA

TUTOR
PhD. MANCERO CASTILLO DANIEL

GUAYAQUIL – ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Daniel Andrés Mancero Castillo**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **BIOCONTROL DE PICUDO NEGRO (*Cosmopolites sordidus*) MEDIANTE NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS (*Steinernema feltiae*) EN BANANO, EL TRIUNFO-GUAYAS**; realizado por la estudiante **SUÁREZ BAQUERIZO MARIA FERNANDA** con cédula de identidad **N° 0953608148** de la carrera Agronómica Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

PHD. Daniel Andrés Mancero Castillo
TUTOR

Guayaquil, 25 de Enero del 2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **BIOCONTROL DE PICUDO NEGRO (*Cosmopolites sordidus*) MEDIANTE NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS (*Steinernema feltiae*) EN BANANO, EL TRIUNFO-GUAYAS**, realizado por la estudiante **SUÁREZ BAQUERIZO MARIA FERNANDA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Juan Martillo Gracia
PRESIDENTE

Ing. Fanny Rodríguez Jarama
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Wilmer Baque Bustamante
EXAMINADOR PRINCIPAL

PhD. Daniel Mancero Castillo
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 29 de marzo del 2023

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios y a mis padres Patricia Baquerizo Sánchez y Juan Suárez Chenche que a lo largo de mi vida académica me han impartido sus valores y enseñanzas, a ustedes les dedico todo mis logros y virtudes, gracias por el apoyo infinito brindado.

A mis hermanos y demás familiares por apoyarme y alentarme a seguir creciendo como persona y como profesional.

Agradecimiento

Mi agradecimiento va dirigido primeramente a Dios por ayudarme día a día a seguir adelante y con su bendición lograr terminar este periodo de mi vida con éxito.

A la Universidad Agraria del Ecuador por abrirme sus puertas para prepararme profesionalmente, a mis docentes de carrera de la facultad de Ciencias Agrarias por compartirme sus experiencias y conocimientos.

Al docente y tutor el PhD. Daniel Mancero Castillo por ayudarme, apoyarme y compartirme sus conocimientos en la ejecución de este trabajo de titulación.

Del mismo modo expreso mi agradecimiento al docente Ing. Freddy Veliz Piguave por su amistad, su ayuda, su apoyo, consejos y enseñanzas.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **MARIA FERNANDA SUÁREZ BAQUERIZO**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **BIOCONTROL DE PICUDO NEGRO (*Cosmopolites sordidus*) MEDIANTE NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS (*Steinernema feltiae*) EN BANANO, EL TRIUNFO-GUAYAS**; para optar el título de **INGENIERA AGRÓNOMA**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 25 de abril del 2023

Suárez Baquerizo Maria Fernanda

C.I. 0953608148

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de autoría intelectual.....	6
Índice general	7
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	16
Abstract.....	17
1. Introducción.....	18
1.1 Antecedentes del problema.....	18
1.2 Planteamiento y formulación del problema	20
1.2.1 Planteamiento del problema	20
1.2.2 Formulación del problema	21
1.3 Justificación de la investigación	21
1.4 Delimitación de la investigación	21
1.5 Objetivo general	22
1.6 Objetivos específicos.....	22
2. Marco teórico.....	23
2.1 Estado del arte.....	23
2.2 Bases teóricas	25
2.2.1 Generalidades del cultivo de banano.....	25
2.2.1.2. Banano en Ecuador	25

2.2.1.3. Taxonomía	26
2.2.1.4. Descripción de la planta.....	26
2.2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos	27
2.2.1.5.1. <i>Temperatura</i>	27
2.2.1.5.2. <i>Latitudes y altitudes</i>	27
2.2.1.5.3. <i>Precipitación y requerimiento de agua</i>	28
2.2.1.5.4. <i>Luminosidad</i>	29
2.2.1.5.5. <i>Suelo</i>	29
2.2.1.5.6. <i>pH</i>	30
2.2.1.6. Fases Fenológicas	30
2.2.1.6.1. <i>Descripción de las fases fenológicas del cultivo de banano</i>	30
2.2.2 Plaga del banano.....	31
2.2.2.1. Picudo negro	31
2.2.2.2. Taxonomía	32
2.2.2.3. Ciclo biológico	32
2.2.2.3.1. <i>Huevo</i>	32
2.2.2.3.2. <i>Larva</i>	32
2.2.2.3.3. <i>Pupa</i>	33
2.2.2.3.4. <i>Adulto</i>	33
2.2.2.4. Dinámica poblacional	33
2.2.2.5. Daños	34
2.2.2.7. Manejo del picudo negro.....	35
2.2.2.7.1. <i>Manejo Cultural</i>	35
2.2.2.7.2. <i>Manejo Químico</i>	36
2.2.2.7.2. <i>Manejo biológico</i>	37
2.2.3 Nematodos entomopatógenos.....	37

2.2.3.1. Origen	38
2.2.3.2. Tipo	38
2.2.3.3. Taxonomía	39
2.2.3.4. Forma de acción sobre los insectos	39
2.2.3.5. Ciclo de vida	39
2.2.3.6. Bacterias asociadas	40
2.3 Marco legal.....	41
3. Materiales y métodos	43
3.1 Enfoque de la investigación	43
3.1.1 Tipo de investigación	43
3.1.1.1. Investigación de campo	43
3.1.1.2. Investigación en laboratorio	43
3.1.1.3. Investigación experimental	43
3.1.2 Diseño de investigación	43
3.2. Metodología	44
3.2.1 Variables	44
3.2.1.1 Variables independientes.....	44
3.2.1.1.1. <i>Suspensión de Nematodos</i>	44
3.2.1.1.2 <i>Variable dependiente de laboratorio</i>	44
3.2.1.2.1. <i>Mortalidad (%)</i>	44
3.2.1.3 Variable dependiente de campo	44
3.2.1.3.1 Monitoreo de población inicial (n).....	44
3.2.1.3.2. <i>Número de larvas y adultos en trampas (n)</i>	45
3.2.1.3.3. <i>Peso del racimo (Kg)</i>	45
3.2.1.3.4. <i>Productividad (Kg /ha)</i>	45
3.2.1.3.5. <i>Análisis económico (b/c)</i>	45

3.2.2 Tratamientos	45
3.2.3 Diseño experimental	46
2.2.3.6. Esquemas de análisis de varianza	46
2.2.3.7. Delimitaciones experimentales	47
3.2.4 Recolección de datos	47
3.2.4.1. Recursos.....	47
3.2.4.1.2. <i>Recursos de oficina</i>	47
3.2.4.1.3. <i>Recursos de campo</i>	48
3.2.4.1.4. <i>Equipos de laboratorio</i>	48
3.2.4.1.5. <i>Software</i>	48
3.2.4.1.6. <i>Recursos económicos</i>	48
3.2.4.2. Métodos y técnicas	49
3.2.4.2.1. <i>Métodos</i>	49
3.2.4.2.2. <i>Técnicas</i>	49
3.2.4.3 Manejo del experimento.....	51
3.2.4.3.1 <i>Laboratorio</i>	51
3.2.4.3.2 <i>Campo</i>	51
3.2.5 Análisis estadístico.....	52
3.2.5.1. Hipótesis estadística para fase de laboratorio	53
3.2.5.2. Hipótesis estadística para fase de campo	53
4. Resultados.....	54
4.1 Identificación de la suspensión óptima de nemátodos entomopatógenos (<i>Steinernema feltiae</i>) en condiciones controladas para el biocontrol de picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>).	54
4.1.1 Mortalidad (%)	54

4.2 Determinación del efecto a mediano plazo de aplicaciones previa de nemátodo entomopatógenos <i>Steinernema feltiae</i> en campo, hacienda San José.....	55
4.2.1 Monitoreo de población inicial (n).....	55
4.2.2 Número de larvas y adultos en trampas (n).....	56
4.2.3 Peso de racimo (kg).....	57
4.2.4 Productividad (kg/ha).....	57
4.3 Realización del estudio costo- beneficio de los tratamientos a evaluar. .	58
4.3.1 Análisis económico (b/c).....	58
5. Discusión.....	60
6. Conclusión.....	62
7. Recomendación.....	63
8. Bibliografía.....	64
9. Anexos.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de tratamientos en estudio para campo y laboratorio...	46
Tabla 2. Esquema ANDEVA para el diseño DCA en laboratorio.	46
Tabla 3. Esquema ANDEVA para diseño DBCA en campo.....	46
Tabla 4. Características del diseño experimental en laboratorio.....	47
Tabla 5. Características de las parcelas experimentales en campo.	47
Tabla 6. Recursos económicos.....	48
Tabla 9. Larvas y adultos <i>Cosmopolites sordidus</i> después de las aplicaciones de nemátodo <i>Steinernema feltiae</i> en el cultivo de banano.....	57
Tabla 10. Peso de racimo y productividad	58
Tabla 12. Análisis Económico	59

Índice de figuras

Figura 1. Índice de mortalidad en larvas de <i>Cosmopolites sordidus</i> por el nemátodo entomopatógeno <i>Steinernema feltiae</i> en laboratorio.....	55
Figura 2. Datos de mortalidad no paramétrico con Kurskal Wallis.....	72
Figura 3. Análisis de varianza de monitoreo de población inicial.	72
Figura 4. Análisis de varianza del primer muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	73
Figura 5. Análisis de varianza del segundo muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	73
Figura 6. Análisis de varianza del tercer muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	74
Figura 7. Análisis de varianza del cuarto muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	74
Figura 8. Análisis de varianza del quinto muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	75
Figura 9. Análisis de varianza del sexto muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	75
Figura 10. Análisis de varianza del séptimo muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	76
Figura 11. Análisis de varianza del octavo muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.....	76
Figura 12. Muestreos del número de larvas en trampas después de las aplicaciones.	77
Figura 13. Muestreos del número de adultos en trampas después de las aplicaciones.	77
Figura 14. Análisis de varianza de la variable peso del racimo.....	78

Figura 15. Análisis de varianza de la variable productividad.....	78
Figura 16. Ubicación del trabajo experimental.....	79
Figura 17. Diseño DCBA en el área de campo.	79
Figura 18. Diseño DCA en el área de laboratorio.	80
Figura 19. Entonem Nematodos entomopatógenos <i>Steinernema feltiae</i>	80
Figura 20. Búsqueda de larvas <i>Steinernema feltiae</i> en laboratorio.....	81
Figura 21. Incorporación de larvas en frascos con alimento en laboratorio A y B.	81
Figura 22. Incorporación de dosis de nematodos entomopatógenos en laboratorio.....	82
Figura 23. DCA con dosis de nemátodos entomopatógenos en laboratorio A y B.	82
Figura 24. Presencia de nemátodos en larvas de picudo negro A y B.....	83
Figura 25. Nemátodo entomopatógeno <i>Steinernema feltiae</i> en Larva A y B. .	83
Figura 26. Conteo de larvas muertas en laboratorio.	84
Figura 27. Supervisión del tutor en laboratorio.	84
Figura 28. Toma de datos de mortalidad en laboratorio A, B, C y D.....	85
Figura 29. Medición del terreno.	85
Figura 30. Preparación de trampas en campo A y B.	86
Figura 31. Recolección de datos antes de la aplicación en campo A y B.	86
Figura 32. Presencia de <i>Cosmopolites sordidus</i> en adultos A y larvas B en trampas.....	87
Figura 33. Aplicación 1° de dosis de NEP en campo A, B y C.....	87
Figura 34. Recolección de datos después de la primera aplicación A, B y C. 88	
Figura 35. Aplicación 2° de NEP en campo A y B.....	88
Figura 36. Visita del tutor en campo A, B, C, D y E.	89

Figura 37. Recolección de datos después de la segunda aplicación A, B y C. 89

Figura 38. Recolección de datos en el proceso de cosecha A, B y C. 90

Resumen

Al reconocer las problemáticas ocasionadas por el picudo negro *Cosmopolites sordidus* en las plantaciones bananeras, se desarrolló una investigación en la hacienda San José, en kilómetro 35, vía el Triunfo, con el objetivo de evaluar el uso de nemátodos entomopatógenos *Steinernema feltiae* como controlador biológico, utilizando dos tipos diseños experimentales DCA en el estudio de laboratorio y DBCA en el estudio de campo, los cuales se manejaron con 4 tratamientos en concentraciones de 250, 150, 75 millones de nemátodos y un testigo absoluto. El estudio se evaluó con el análisis estadísticos no paramétricos al 0.05% y separación de medias Kruskal Wallis dando como resultado la mejor concentración en laboratorio al T1 con una mortalidad del 100% a sus 78 horas de estudio, así mismo se reflejó un 72.80% de eficacia en campo usando la fórmula de Abbot al no presentar mayor número de larvas y adultos en trampas. Las variables de cosecha indicaron un valor de 33.38 kg como peso promedio en racimo y una productividad de, 42824,00 (kg/ha); finalmente el T1 arrojó resultados favorables con relación al costo/beneficio, dando una ganancia del \$ 0.85 ctv. por cada dólar invertido a diferencia de los demás tratamientos demostrando su efectividad.

Palabras claves: Control biológico, *Cosmopolites sordidus*, *Steinernema feltiae*.

Abstract

Recognizing the problems caused by the black weevil “picudo negro” *Cosmopolites sordidus* in banana crops, research was carried out at the San José farm, at kilometer 35, via El Triunfo, with the objective of evaluating the use of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* as a biological controller, using two types of experimental designs DCA in the laboratory study and DBCA in the field study, which were managed with 4 treatments in concentrations of 250, 150, 75 million nematodes and an absolute control. Research was evaluated with non-parametric statistical analysis at 0.05% and Kruskal Wallis separation of means, having the best outcome in the laboratory the T1 with 100% mortality at 78 hours of study, as well as 72.80% efficiency in the field using Abbot's formula, since there was no greater number of larvae and adults larvae in the traps. The harvest variables indicated a value of 33.38 kg as average bunch weight and a productivity of 42824.00 (kg/ha); finally, T1 yielded favorable results in relation to cost/benefit, giving a profit of 0.85 ctv. for each dollar invested, as opposed to the other treatments, demonstrating its effectiveness.

Key words: biological control, *Cosmopolites sordidus*, *Steinernema feltiae*.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Centanaro y Nava (2021) afirman que el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) es una producción mundial y esta representada por diferentes países que obtiene millones de toneladas de frutos al año, sin embargo, se considera un alimento básico para algunos países tropicales y cumple su importancia en la seguridad alimentaria es por esto que se considera al cultivo de banano como una de las actividades agrícolas con mayor demanda en países como Ecuador, Perú, Colombia, Panamá, Costa Rica, entre otros, que se caracterizan por producir y exportar banano a nivel mundial.

Según Espinosa, Quevedo, y García (2019) indican que en el Ecuador la producción de banano resalta como uno de los cultivos más importantes para su Economía, debido a los ingresos recibidos por sus exportaciones no petroleras con valores estimados del 25% al 26%, provincias como El Oro, Los Ríos y El Guayas son destacadas por obtener la mayor producción en el Ecuador.

Para Cerna (2022) el cultivo de banano tiene ciertas limitantes que merman su producción debido a la existencia de plagas y enfermedades las cuales causan daños significativos reduciendo el rendimiento en el cultivo, caída de la planta, daños en el fruto, pudrición del tallo, entre otras anomalías. Hoy en día muchas de estas plagas han desarrollado resistencia al uso de químicos por ende su control es más difícil y menos efectivo. Una de las plagas que causa un gran daño a la planta de banano es el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) la cual es considerada como una de las plagas más importantes dentro de la producción de esta fruta.

Según Olivares, Morán y Ahumada (2020) indican que el *Cosmopolites sordidus* tiene características que la distinguen de otros insectos plagas, debido a que los

picudos negros poseen hábitos nocturnos, con fototropismo negativo y hidropismo positivo. Es por lo cual su manejo es complejo ya que se desarrolla en el interior de las plantas, haciendo difícil su detención y su control.

El picudo negro causa daño del 30 al 90% de la plantación en banano y otras musáceas generalmente en países tropicales o subtropicales. Suárez y Suárez (2020) indican que el picudo es origino al Sudeste de Asia, sin embargo, no se relata con exactitud el lugar, pero se estima que es proveniente de la Región Indomalaya.

Las larvas del picudo tienden a realizar su alimentación obstruyendo el transporte de agua y nutrientes en el cormo del banano haciendo que este se debilite y sea susceptibles al volcamiento. Armendáriz, Landázuri, Taco, y Ulloa (2016) afirman que existen alternativas capases de mitigar el daño causado por la plaga en las plantaciones de banano, haciendo uso del manejo integrado de plagas que incluye alternativas diversas una de ellas es el control biológico con nematodos entomopatógenos, que se han caracterizado por ser utilizado en algunos cultivos de importancia económica, pero para que su efectividad se vea reflejada es necesario determinar la especie o cepa de nematodo que se vayan a utilizar.

Según Pacheco, Reséndiz y Arriola (2019) indican que el biocontrolador de nematodos que se utilice en el picudo negro del banano necesita tomar en cuenta varios factores como la información de la biología, ecología y susceptibilidad de la plaga hospedante, tolerancia a factores ambientales, su estrategia de búsqueda y la compatibilidad con otros agentes de control biológico, entre otros aspectos. Es por esto por lo que se puede desarrollar dicho control en condiciones controladas en laboratorio para poder realizar un seguimiento previo de su efectividad utilizando diferentes dosificaciones.

Según Amador et al. (2015) es de suma importancia obtener información acerca del manejo integrado de plagas debido a que así se conocen muchos controles que podemos usar como alternativa para mitigar los daños por plagas causados en los cultivos, los nematodos entomopatógenos sin duda alguna serán de gran ayuda para despertar el interés a futuras investigaciones y son una alternativa al control químico el cual causa un efecto negativo para el ser humano y la contaminación del medio ambiente.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Cosmopolites sordidus, es una de las plagas insectiles mas importantes en los cultivos de banano y plátano, debido a que provoca daños directos producidos por larvas que se alimentan del cormo, formando galerías que impiden que la planta obtenga los nutrientes y el paso de agua necesaria para su desarrollo, ocasionando así, la reducción de la producción y la vida útil de la plantación.

El manejo que realizan los agricultores para combatir esta plaga muchas veces depende del uso de insecticidas como organofosforados, carbamatos y piretroides. Sin embargo, los agricultores llevan a cabo esta metodología con mucha dificultad dado que la plaga actúa de manera no visible por su actividad nocturna, lo que ocasiona que el producto aplicado no pueda mantener el contacto directo con el insecto y a su vez se realicen mayor cantidad de aplicaciones con resultados no siempre satisfactorios. Es por esto que, al hacer uso del control químico, los agricultores solo están ocasionando el incremento al costo de producción, así como también, la resistencia de la plaga, la eliminación de microorganismos benéficos y la contaminación ambiental por el uso excesivo de productos.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo las diferentes aplicaciones de *Steinernema feltiae* reducirá la incidencia del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones controladas de laboratorio y campo?

1.3 Justificación de la investigación

Los agricultores bananeros de las zonas tropicales del Ecuador tienen grandes pérdidas económicas por parte de los daños causados por la plaga del picudo negro *Cosmopolites sordidus*, es por esto que se requieren alternativas que permitan disminuir la plaga y reducir sus pérdidas.

Los nematodos entomopatógenos (NEP) se conocen por presentar una amplia gama de hospedantes, bacterias asociadas y altos índices de mortalidad; debido a que son parásitos obligados que atacan un insecto plaga y lo convierten en un hospedero hasta excretar las bacterias las cuales se esparcen por todo su cuerpo provocando la muerte del insecto en un plazo máximo tres días.

El control biológico con NEP es un método alternativo que permite reducir la incidencia de las plagas en varios cultivos frutales del sector agrícola del país. Es por esto por lo que esta investigación se realiza con el fin de obtener la suspensión óptima con el uso de nematodos entomopatógenos en condiciones de laboratorio y campo, de manera que se logre minimizar el uso de productos químicos y mejore la productividad del cultivo.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Zona 5, cantón El Triunfo de la provincia de las Guayas Con las siguientes coordenadas: 2°15'28.1"S 79°33'39.4"W
- **Tiempo:** El trabajo investigativo y experimental se desarrolló en un periodo de 6 meses entre el mes de septiembre del presente año, hasta el mes de enero del 2023.

- **Población:** Los beneficiados son los productores agrícolas de banano, docentes del campo agronómico, estudiantes de Agronomía y comunidades rurales.

1.5 Objetivo general

Evaluar la efectividad de las diferentes suspensiones de nematodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*) en control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones controladas y en campo bananero.

1.6 Objetivos específicos

- Identificar la suspensión óptima de nemátodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*) en condiciones controladas para el biocontrol de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).
- Determinar el efecto a mediano plazo de aplicaciones previa de nemátodo entomopatógenos *Steinernema feltiae* en campo, hacienda San José.
- Realizar un estudio costo - beneficio de los tratamientos a evaluar.

1.7 Hipótesis

Mediante el empleo de suspensiones de *Steinernema feltiae* como biocontrol reducirá la incidencia del picudo negro *Cosmopolites sordidus* a mediano plazo.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Según Uribe, Muñoz, y Riascos (2020) afirman haber realizado un estudio con nematodos entomopatógenos como alternativa para el control de los picudos negros del plátano en el cual se utilizó para el experimento el insecto plaga *Galleria mellonella* en estado larvario. Lo primero que realizaron fue un aislamiento de entomopatógenos con muestras de suelo de 100 cm^3 a una profundidad de 0 a 15 cm, luego obtuvieron submuestras cubriendo un área total de 2 cm^2 , posteriormente las muestras fueron llevadas a laboratorio para realizar el análisis de mortalidad. En el cual las larvas presentaron síntomas de infección por nematodos tornándose de color crema al 4to día de su estadio en laboratorio y esto a causa del nemátodo *Steinernema feltiae* y de color marrón por el nemátodo *Heterorhabditis*.

Candanedo et al. (2020) indican que realizaron una investigación para la bioprospección y conservación de cepas nativas del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* en Panamá, por medio de utilización de muestras de suelo y larvas de *Galleria mellonella* para multiplicación y mantenimiento in vivo de las cepas nativas de NEP para esto utilizaron 16 cepas de NEP identificadas por taxonomía convencional y microscopio a continuación:

Dentro del género *Heterorhabditis* (8 de Colón, 5 de Darién, 1 de Panamá, 1 de Coclé y 1 de Panamá oeste), en la rizosfera de 12 cultivos (ají dulce, cacao, café robusto, cítricos, guineo patriota, jengibre, maíz, papaya, piña, plátano cuerno rosado, yuca y toronja (p.139).

En el cual almacenaron cepas de la bacteria simbiote *Photorhabdus* spp., para mantenerlas vivas y para que siga infectando larvas sanas de *G.mellonella* recuperando NEP del tercer estadio juvenil infectivo (J3) que surgen de las larvas infectadas colocadas en las trampas de white para su recolección.

Según Guzmán (2019) realizó un estudio para el control de picudo negro en banano convencional, ubicado en el cantón Machala provincia de El Oro. En su experimento utilizaron 3 repeticiones y 13 tratamientos los cuales estaban distribuidas de la siguiente manera lo siguiente:

T1 (Trampa tipo tocón + baukill), T2 (Trampa tipo tocón + melaza con baukill), T3 (Trampa tipo tocón + picudin), T4 (Trampa tipo tocón + esencias frutales), T5 (Trampa tipo sándwich + esencias frutales), T6 (Trampa sándwich + baukill), T7 (Trampa tipo sándwich + picudin), T8 (Trampa tipo sándwich + Melaza con Baukill), T9 (Trampa tipo rampa + feromona cosmolure), T10 (Trampa tipo rampa + esencias frutales), T11 (Trampa tipo rampa + picudin), T12 (Trampa tipo rampa + melaza), T13 (Trampa tipo sándwich elevado + picudin) (p.33).

Los monitores realizados para la captura de picudos negros se llevaron a cabo en frecuencias de 24, 48 y 72 horas, obteniendo como resultado mayor efectividad al hacer uso de trampas con complementos o atrayentes que reduzcan significativamente la población y se eviten los daños o afectaciones al ecosistema.

Según Macías (2021) indica que realizó un trabajo experimental evaluando el manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) con dosificaciones de 250 millones, 150 millones y 75 millones de nematodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) y describe los resultados obtenidos en laboratorio y campo de su investigación utilizando la herramienta de Tukey al 0.01% y un diseño experimental DBCA los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El T1 fue considerado el mejor de los tratamientos a diferencia de los demás debido a que obtuvo una mortalidad del 84%, una incidencia del 2.94% en campo, así mismo, mejoró la productividad y la plantación demostrando un control efectivo (p. 14).

Macías (2021) indica que de acuerdo con el análisis estadístico se demostró que la dosificación de 250 millones de nematodos entomopatógenos es la más efectiva tanto en campo, como en laboratorio y se considera que mientras mayor sea la

concentración de entomopatógenos mayor efectividad tendrá el control de picudo negro en banano.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo de banano

2.2.1.1. Origen

El banano es una planta originaria del Sudeste Asiático, sin embargo, se describe en la literatura. Según Castillo y Jiménez (2018) afirman que las musáceas se cultivan en la India desde hace diez mil años en los siglos V, a.C y desde entonces se practica en los países de Japón, Malasia, Madagascar, entre otros. Sin embargo, se menciona que estas monocotiledóneas crecen en países con zonas tropicales por esto fue introducida esta práctica agrícola en África a los 1000 años de la era cristiana hasta que finalmente se produjo en Latinoamérica y el Caribe.

2.2.1.2. Banano en Ecuador

García et al. (2020) afirman que los bananos y los plátanos son importante para la salud y la alimentación humana, se encuentran situada mas en los países trópicos y subtropicos. Es por esto que para Ecuador el banano es considerado la fuente de ingreso y alimentación para el país, por esta razón obtiene gran demanda de fruta en el año para fines comerciales.

El Ecuador es considerado el cuarto productor del planeta debido a la exportación de banano (*Musa acuminata* AAA) en varios países del mundo, como también es uno de los impulsores de la economía del país. Benítez (2017), afirma:

Ecuador es el primer exportador de banano en el mundo con un 35% del mercado global y el cuarto productor en el planeta. Desde la década de los años 50, la actividad bananera se ha convertido en una de las principales fuentes generadoras de divisas y la tercera fuente de recursos para el país, después del petróleo y las remesas de los inmigrantes (p. 18).

Ecuador se caracteriza por ser un país con mayor producción en banano en el mundo y cuenta como muchas áreas cultivadas que son ubicadas principalmente

en el litoral ecuatoriano. “El área destinada para este cultivo a nivel nacional es de 163039 has, cuyos porcentajes de distribución son los siguientes: El Oro 41.40%, Guayas 33.17%, Los Ríos 17.20% y el 8.23% para otras provincias como Esmeraldas, Manabí y Azuay” (Benítez, 2017, p. 18). Estas provincias cuentan con un alto porcentaje de la exportación bananera que se produce y se exporta a los mercados internacionales como Estados Unidos y la Comunidad Europea.

2.2.1.3. Taxonomía

Según Faginia y Tapia (2018) indican que el banano es una planta herbácea muy grande perteneciente a la clase de monocotiledónea, que forma una planta llamada Cepa se la denominaba una planta de origen salvaje también tiene forma particular de surgir en varios individuos denominados madre, hija y nieta.

Según Valarezo (2019) describe la clasificación taxonómica de la planta herbácea banano *Musa acuminata* AAA según su nomenclatura: Orden Zingiberales; Familia Musáceae; Género *Musa*; Especie *Musa paradisiaca*.

2.2.1.4. Descripción de la planta

Según Galán et al. (2018) afirman que el banano es una planta perenne, gigante y herbácea con pseudotallos aéreos provenientes de los tallos subterráneos conocido como cormos los cuales son ejes central curvo y doblado hacia arriba con cicatrices de hojas. De los cormos se desarrollan las yemas que cuando alcanzan su madures se denomina inflorescencia y luego llega la etapa de crecimiento y transformación de la yema floral en donde se logra observar unas pequeñas yemas laterales las cuales se unen al cormo y se les llaman hijos.

Según Faginia y Tapia (2018) indica que los frutos de banano se desarrollan de los ovarios de las flores pistiladas por el aumento del volumen de las tres celdas del ovario, opuestas al eje central. Así también son denominados partenocárpico

los cuales no requiere de polinización, porque el fruto está constituido por células cuadrangulares, estomas y cutícula.

Segura (2018) afirma que en el proceso de desarrollo de la planta de banano cuanto mayor diámetro del pseudotallo, mayor es el peso potencial del racimo. Es por esto por lo que se dice que en la fase de desarrolló hay que tomar en cuenta todos los procesos porque entre más grande es el tamaño del pseudotallo9 de loa planta madre a loa cosecha, mayor es el reservorio de energía y nutrientes que heredará el hijo y por ende mayor será el tamaño potencial de los racimos en las demás generaciones.

2.2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos

Según Rodríguez (2020) indica que los requerimientos edafoclimáticos en el cultivo de banano son muy importantes debido a que son factores ambientales que podrían moderar el ritmo de crecimiento y el desarrollo del cultivo o podrían causar resultados negativos ya que influyen directamente en los procesos fisiológicos de la planta, afectando la duración del ciclo, el proceso de floración, la tasa de emisión de hojas y raíces, así como, también en el desarrollo y el peso del racimo.

2.2.1.5.1. Temperatura

Según Prado y Garzón (2022) los bananos son frutos climatéricos y tienen una corta vida en la postcosecha, sin embargo, en el proceso de producción el banano debe tener las temperaturas adecuadas para su desarrollo y esta varía entre los 20°C a 35°C, no obstante, teniendo temperaturas de 40° C no hay repercusiones negativas si el abastecimiento de agua es idóneo.

2.2.1.5.2. Latitudes y altitudes

Las condiciones climáticas en referencia a la latitud y la altitud en el cultivo de banano son importantes. Según Benítez (2017) la producción necesita latitudes de 30 grados al norte y 30 grados al sur en el Ecuador sin embrago se describe que

las condiciones idóneas son las que varía entre 0 a 15 grados. Por otra parte, la altitud es necesaria para la prolongación del ciclo vegetativo del cultivo la cual cuenta con las demás etapas climatológicas como el suelo, temperatura y precipitación que en zonas adecuadas varía entre 0 a 300 m.s.n.m.

Según Intagri (2018) indica que la latitud en banano debe ser de entre 15° a 30° grados esto dependiendo si es hacia el norte o hacia el sur del ecuador terrestre, para así contraer las mejores proyecciones. Para la altitud se describe que se recomiendan estar a 2000 metros sobre el nivel del mar; sin embargo algunos bananeros con producciones comerciales se localizan entre 400 y 600 msnm.

2.2.1.5.3. Precipitación y requerimiento de agua

La precipitación y los requerimientos de agua aseguran un óptimo desarrollo en el cultivo de banano en todas sus etapas fenológicas. Según Rodríguez (2020) afirma que:

Se requiere de un suministro abundante y constante de agua, evidenciando la necesidad de riego en condiciones de baja precipitación menos de 100mm mensuales bien distribuidos, manteniendo una tensión del suelo inferiores a de 20 KPa a 20 cm de profundidad (p.17).

Sin embargo, la planta de banano es susceptible al estrés hídrico en cualquiera de sus etapas fenológicas porque presenta un peso cerca de los 85% en su sistema radicular a los 30 cm de profundidad en el suelo, así como también posee un follaje amplio y la tasa de transpiración alta por lo cual ayuda a que no ocurra ningún daño a causa de estrés hídrico.

Por otra parte, en condiciones de abundante precipitación es necesario el drenaje para garantizar la presencia de oxígeno en la rizosfera bajo condiciones cercanas a saturación, evitando la muerte del ápice radicular, la reducción del transporte de nutrientes y en consecuencia el amarillamiento de las hojas (Rodríguez, 2020).

2.2.1.5.4. Luminosidad

La luminosidad en algunos países es muy similar durante todo el año, más que todo es países tropicales, se ha comprobado que la luminosidad es un punto clave a la hora de realizar el manejo del cultivo debido a que, a mayor cantidad de horas despejadas, mayor heliofanía habrá y, por ende, mejor producción. Según Galecio, León y Aguilar (2020)

Para tener buenos rendimientos el banano necesita una luminosidad que fluctúa entre 30 a 80 %, además se requiere implementar una fuente muy buena de fertilización y microorganismos eficientes para aumentar la producción. Si es una planta perteneciente al grupo C3, no necesita de mayor luminosidad, sin embargo, en casos de monocultivos se recomienda asociar con otros cultivos que brinden sombra a la plántula (p.305).

Las plantas realizan el proceso de fotosíntesis diariamente por lo cual requiere de energía solar de manera eficiente para su proceso, razón por la que en las zonas de menor duración de horas luz o temporadas nubladas el tamaño de las hojas aumentan causando debilidad en los tejidos y por ende daño por enfermedades. En banano y en otros cultivos la luminosidad por hectárea en extensiones grandes es la acumulación de 4380 horas luz al año, en el cual corresponde de 3 a 5 horas diarias al día de luminosidad (Benítez, 2017).

2.2.1.5.5. Suelo

El suelo idóneo para el cultivo de banano posee varias características como la fertilidad, materia orgánica, y una buena estructura, así como también la textura que varía entre franco arenosa, franco arcilloso, franco arcillo limoso o franco limoso. Según Benítez (2017) indico que las condiciones edafoclimáticas se presentan, específicamente en los bulbos con partes aéreas largas, carnosas y de raíces poco profundas puede llegar a ocurrir daños por encharcamientos por eso es importante que los suelos también obtengan porosidad y permita la aeración.

2.2.1.5.6. pH

El banano necesita suelos fértiles y bien drenados de textura franco-limosa o franco arenoso, su pH ligeramente ácidos o correspondiente a los grados de 6 a 5 y con profundidad mayor a un metro (Baridón y Villarreal, 2017).

2.2.1.6. Fases Fenológicas

Los ciclos fenológicos en el cultivo de banano se dan en tres pasos o fases importantes a las cual se les denomina Fase 1, 2 y 3. Según Vargas et al. (2017) indican que el ciclo fenológico dura un tiempo aproximado cuatrocientos cuatro días y esta depende mucho de todas las etapas edafoclimáticas para tener un óptimo rendimiento en cada una de las regiones productoras de banano del país. Es por esto por lo que estas fases son importantes para el desarrollo del cultivo porque se relacionan con las condiciones climáticas y se denominan fase 1 desarrollo infantil, fase 2 etapa juvenil y fase 3 periodo reproductivo.

2.2.1.6.1. Descripción de las fases fenológicas del cultivo de banano

Según Vargas et al. (2017) afirman que la fase infantil es cuando ocurre la germinación de los retoños o hijos hasta el momento que aparece la primera hoja con lamina foliar 10 cm de ancho (F10), para que ocurra esto el retoño primero tiene que crecer, al pasar los tres meses de edad presenta una altura de 50cm aproximadamente es ahí cuando se presenta las hojas escumiformes y pardas, luego de esto; el retoño comienza a independizarse y desarrolla entre 7-5 o 12-5 hojas finalmente desarrolla su primera lamina foliar de 10 cm de ancho. Es ahí donde concluye la etapa infantil que tiene una duración de 104 días y es conocida como F10.

Según Rodríguez (2020) la etapa Juvenil tiene una duración aproximada de 14 semanas y es considerada la segunda etapa de desarrollo que inicia con la presencia de hojas F10 en donde al pasar el tiempo emite entre 12 a 14 hojas hasta

que ocurre el proceso de floración, durante todo el proceso la planta aumenta a capacidad fotosintética ya que sus hojas incrementan su tamaño.

La fase reproductiva es la última fase fenológica del banano debido a que es el inicio donde se observa la diferenciación floral hasta el tiempo de cosecha. En esta etapa la planta emite todas y cada una de sus hojas y dividen dos subetapas la primera que obtiene hojas Fm a F que tienen un tiempo de 125 días el cual corresponde a la floración y la segunda etapa es la F a C que dura entre 84 días hasta el tiempo de cosecha (Vargas, et al., 2017).

2.2.2 Plaga del banano

Según Barraza y Chavarría (2020) indican que en el cultivo de banano existen varios tipos de insectos plagas que interviene en su desarrollo en los que se involucran las hojas, flores y los frutos. En este caso podemos describir el insecto plaga destructor de tallo el cual se denomina *Cosmopolites Sordidus*.

2.2.2.1. Picudo negro

Piedra et al. (2021) indican que los picudos negros fueron detectados desde 1945 en Gran Canaria, para después seguirse expandiendo hasta las islas de Tenerife en 1986. Desde entonces se describe que los picudos son insectos provenientes de Malasia e Indonesia que se distribuyeron por toda América del sur, Central y Norte, África, Europa, sur de Asia, Australia, e islas del Atlántico y el Pacífico.

Según López (2020) indica que de acuerdo con otras investigaciones se establece que el origen del picudo negro *Cosmopolite sordidus* dio suceso al sudeste de Asia y que al igual que el banano se propagó en diferentes países tropicales del mundo hasta llegar a las regiones Latinoamericanas en donde se situó y causo desde entonces pérdidas económicas importantes para el sector agrícola.

Según Olivares y Morán (2021) indican que el picudo negro es un insecto que se denomina oligófago es decir que come poca variedad de alimento lo que hace que este insecto se enfoque solo en especies vegetales de una misma familia o afines. Es por esto que Miranda, García y Rodríguez (2019) afirman que el *Cosmopolites sordidus* ataca a diferentes cultivos entre ellos las Musáceas en su estado larvario formando galerías en los cormos que interrumpen el transporte de agua y nutrientes de la planta por lo tanto esta se ve afectada por otros agentes externos.

2.2.2.2. Taxonomía

Clasificación taxonómica del picudo negro *Cosmopolite sordidus* según su nomenclatura: Orden Coleóptera; Familia Curculionidae; Género *Cosmopolites*; Especie *Cosmopolites sordidus* (Suárez, 2023).

2.2.2.3. Ciclo biológico

Según Ronquillo et al. (2021) el ciclo de vida de *Cosmopolites sordidus* se conforma de 4 estadios huevo, larva, pupa y adulto, sin embargo, se indica que el estadio larvario es el causante de daño en los cormos, las hembras se encargan de colocar un promedio de 60 a 100 huevos en todo su ciclo dentro de las galerías del cormo las demás etapas son descritas a continuación:

2.2.2.3.1. Huevo

Afirma Torres (2019) que la etapa de huevo es cuando el ovulo alargado tiene una medida de 1mm de largo y su característica externa es de color blanquecina. La ovoposición de los picudos se registra como varios huevos por día o varios huevos por semana teniendo así un promedio de entre 3 a 4 por semana.

2.2.2.3.2. Larva

Según Valarezo (2019) indica que las larvas del picudo negro son las principales causante de los daño porque se alimentan de fibra y esto ocasiona que la planta sea incapaz de absorber agua, las larvas se caracterizan por tener una capsula en

su cabeza de color rojizo marrón, tiene 2 segmentos abdominales que se modifican según su movimiento y da una apariencia entrecortada en su posición lateral, por otro lado también poseen una franja octava abdominal que tiene una apariencia alargada espiral, el resto de su apariencia es pequeña e indistinta.

2.2.2.3.3. Pupa

Según Torres (2019) afirma que las pupas son color blancas, tiene una medida de 12mm a su largo y se puede observar cómo se va formando su parte adulta que conforma otro segmento abdominal con espina ventral y 2 espinas de ambos costados, su superficie dorsal en la que se forma sus cuatro papilas y por último se notan las espinas en cada una de ellas este proceso dura aproximadamente de 6 a 12 días y el estado pre pupa una duración de 1 a 4 días más.

2.2.2.3.4. Adulto

Según Solarte et al. (2020) indican que *Cosmopolites sordidus* o como se conoce con su nombre vulgar picudo negro se diferencia de otras especies porque es de un color completamente negro brillante, posee cuerpo robusto y mide entre 13 a 18 mm de largo además de movilizarse de manera lenta y pausada lo cual lo hace diferente por sus características.

Según Valarezo (2019) afirma que los adultos del picudo enano del banano miden entre 1.5 a 2.0 cm de longitud su cabeza presenta un aparato bucal alargado y curvado, la coloración de su cuerpo varía según sus etapas de crecimiento pasa de rojizo a negro en su desarrollo final.

2.2.2.4. Dinámica poblacional

Solarte et al. (2020) afirman que la eclosión de los huevos suele tardar varios días dependiendo de la especie de picudo, *Cosmopolites sordidus* tarda siete días en eclosionar y a su vez entra en el proceso de estado larvario el cual tiene un tiempo de 37 días, el cual después de esto pasa a ser pupa ubicándose en el

interior del tejido de la planta 10 días restantes para luego emerger en adulto teniendo un ciclo de vida de hasta 2 años en el cual se reproducen e inician un nuevo ciclo de vida.

Armendáriz et al. (2019) indican que la plaga del picudo negro *Cosmopolites sordidus* tiene varias características antes de invadir el cultivo; se dice que en temperatura bajas la tasa de oviposición y crecimiento es lento debido a que el tiempo que le toma a un huevo en ser adulto es de 8 semanas dependiendo de la temperatura , también se explica que durante las épocas secas puede permanecer en un estado de latencia a 5 cm del suelo bajo o dentro de los residuos de cosecha pudiendo sobrevivir en este estado hasta por 12 meses sin alimentarse.

Según Alarcón y Jiménez (2017) indican que el insecto se desplaza muy pocas veces y cuando lo hacen los adultos machos y hembras se reparten entre el tallo 42%, el suelo 23%, el cormo 30% y los residuos de cosecha 5%. Según lo descrito los adultos depositan sus huevos hasta un 80% en las plantas, justo en el momento de aparición de la bellota en específico 12 huevos por planta, el restante 20% es puesto en los colinos menores de 6 meses.

2.2.2.5. Daños

Según Armendáriz et al. (2019) indican que el crecimiento o desarrollo del picudo negro es lento, por lo que se puede decir que se desplazan los adultos en una estimación de 50 m en tres meses. Por lo que el daño causado por sus larvas aparece primero en forma de manchas que se van extendiendo.

Según Morales, Molina y Segura (2018) indican que *Cosmopolites sordidus* es una de las muchas plagas en el cultivo de banano que ocasiona daños severos en cualquier estado de desarrollo estos se encuentran atraídos al olor de tallos dañados o cortados de la planta entre esos daños se encuentra la muerte de hijos, reducción en el peso del racimo, desraizado de plantas, disminución de la tasa de

retorno, volcamiento de las plantas viejas y la pudrición del área afectada debido a que la larva se alimenta del tejido vegetal causando una especie de galería dentro del corno del banano.

Según Torres (2019) indica que los adultos se alimentan de los tallos tiernos, por ende, los colinos y cepas que se utilizan como semillas se vean expuestas al ataque de la plaga y su propagación.

Las larvas del picudo al causar daño en el corno dejan dentro galerías que reducen significativamente el vigor de la planta. Según Torres (2019) indica “Al haber lecciones en la periferia del corno, este se vuelve susceptible al daño” (p.4). Lo que ocasiona que otros agentes patógenos como *Fusarium sp*, *colletotrichum sp*, entre otros; se establezcan y causen un daño mayor.

2.2.2.7. Manejo del picudo negro.

Según García et al. (2019) Indican que el picudo es una plaga difícil de controlar debido a que se encuentra en su mayoría en ambientes protegidos, por ello las prácticas que se emplean para su control en su mayoría son culturales, biológicas, endófitos, de genotipos resistentes y por último químicos.

2.2.2.7.1. Manejo Cultural

Según Roger et al. (2017) indican que existen varias estrategias o métodos de control para el picudo negro, sin embargo en esta sección se describen los tipos de trampas entomológicas para su captura:

Según Espinosa et al. (2019) afirman que las trampas tocón o semicilíndricas consiste en utilizar un pseudotallo de banano cosechado, para luego utilizar la base y realizar un corte longitudinal de 50 cm en donde se proceder a aplicar el atrayente y unas cuantas hojas de banano para producir sombra, así se garantiza la entrada de la plaga.

Espinosa et al. (2019) indica que la trampa sándwich se realiza con 2 sección del pseudotallo cosechado y una medida de 60 cm de largo, en el espacio de los dos frentes se separa utilizando una cuña para colocar el atrayente, se cubre con hojas para producir sombra y evitar la deshidratación así las larvas podrán entrar sin ninguna falencia.

Según López (2020) indica que las trampas tipo cuña se la realizan cuando el pseudotallo denominado “caballo”, se encuentra de pie y el proceso comienza con un corte en forma de cuña a una altura de 15 centímetro con relación al suelo, la sección cortada se retira lentamente de forma que pudiera atraer picudos.

2.2.2.7.2. Manejo Químico

Guzmán et al. (2019) afirman que para controlar poblaciones de picudo negro se suele usar controles biológicos al igual que controles químicos, los productos en los que más se disponen a utilizar en las bananeras son los nematicidas con efecto insecticida.

Existen varios tipos de marcas de insecticidas que puedan combatir la plaga del banano *Cosmopolite sordidus*, sin embargo, la plaga ha desarrollado resistencia a la mayoría de los químicos. Punto Verde S.A. (2019) afirman que “Benfurol® es un Insecticida nematicida sistémico que pertenece al grupo químico de los carbamatos, tiene un amplio espectro de acción y es un excelente controlador de plagas especialmente de los órdenes Coleóptera, Lepidóptera, Hemíptera, Díptera, Thysanoptera y nematodos”(p. 1).

El modo de acción del insecticida Benfurol es que penetra el cuerpo del insecto por absorción directa a través de la piel o por ingestión del follaje tratado, es metabólicamente activado dentro del insecto atacando el sistema nervioso central (SNC) causándole la muerte. Su composición está conformada por el ingrediente activo Benfuracarb al 212 g/l y sus adictivos en importancia toxicológica están

conformadas por el solvente Naphtha al 623 g/l y Excipientes c.s.p al 1l. Las dosificaciones recomendadas para los diferentes órdenes son Coleóptera 5 ml/l, Díptera 3.125 ml/l y Lepidóptera 8 ml/l (Punto Verde S.A., 2019).

2.2.2.7.2. Manejo biológico

El control biológico es una alternativa sustentable para el manejo integrado de plagas (MIP) dando paso a que agentes microbiales actúen como predadores de los insectos plagas de una manera natural.

Usar control microbial a base de hongos como *Beauveria bassiana* hacen que se desarrolle un control biológico efectivo para el picudo negro debido a que: según (Suárez, Suarez, y Monzón, 2021) afirman:

El hongo *Beauveria bassiana* es considerado uno de los mejores agentes de control biológico con eficiencia en el sector agrícola, debido a que hay muchos investigadores que se han dedicado a confirmar que cierto hongo se desarrolla de una manera efectiva dentro del hospedero hasta su muerte por esto es considerado un control efectivo de varios tipos de plagas, que causan daño y grandes pérdidas en el sector bananero (p.3).

2.2.3 Nematodos entomopatógenos

Según Uribe et al. (2020) indican que el nematodo entomopatógeno es considerado otras de las alternativas para el control de los picudos del banano por su manera de alimentación, reproducción y características hospederas.

Bertolotti y Cagnolo (2019) Indican además que, la evaluación de nematodos entomopatógenos es una manera de detección favorable, debido a que se justifica su uso como el remplazo de pesticidas químicos que a lo largo de su uso causan un gran impacto ambiental.

Indican Dillman et al. (2012) que los nematodos son transparentes de forma cilíndrica y con cabeza y cola difícil de diferenciar visualmente, además que los denominan microscópicos ya que miden entre 1/ 500 pulgada de diámetro y 1/20 de largo.

2.2.3.1. Origen

El lugar de origen de los NEP es desconocido, pero se afirma que los nematodos entomopatógenos fueron sometidos a una serie de estudios y tácticas de manejo de plagas como el empleo de agentes de control biológico del cual solo dos familias obtuvieron los resultados esperados. Según Uribe, Muñoz y Riascos (2020) indican “Que los (NEPs) pertenecen a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae y son animales microscópicos de cuerpo redondo, alargados y que se alimentan de insectos exclusivamente, por lo cual han sido utilizados como agentes de control biológico en el mundo” (p.13). Las características de estas dos familias es que las muertes de sus hospederos ocurran en un plazo de 48 horas.

Polack, Lecuona, y Noem (2020) indican que existen 30 familias de nematodos que están asociadas como parasitoides de insectos plagas, siendo un potencial como agentes de control biológico, estas familias son las siguientes: Mermithidae, Allantonematidae, Neotylenchidae, Sphaerularidae, Rhabditidae, Steinernematidae y Heterorhabditidae.

2.2.3.2. Tipo

Segun Argotti et al. (2022) indican que la especie Heterorhabditidos de la familia Heterorhabditidae son hermafroditas y son capaces de buscar y encontrar a su hospedero hasta los 90 cm en el suelo ya sea este arenoso u otro. Cuando infecta a un hospedero lo hace por medio de atracciones o señales físicas y químicas producida por el mismo insecto, además que cuando los encuentra y los inocula le da tiempo de producir una nueva progenie, característica que los convierte en controlador biológico.

Polack et al. (2020) Indican que las bacterias impiden la contaminación de microorganismos situados en el huésped debido a que sirven como fuente de alimento para los nematodos dentro del insecto, sin embargo, la especie

Steinernema feltiae es capaz de causar la muerte de sus hospedadores en ausencia de la bacteria simbiote, este daño es causado por la liberación de toxinas que contienen una alta proporción de proteasas.

2.2.3.3. Taxonomía

Los nematodos entomopatógenos NEPs se clasifican según su taxonomía indique: Reino Animalia; Filo Nematoda; Clase Secernentea; Subclase Rhabditia Orden Rhabditida; Superfamilia Rhabditoidea; Familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae*; Especies *Steinernema feltiae* y *Heterorhabditis bacteriophora* (Suárez, 2022).

2.2.3.4. Forma de acción sobre los insectos

Según Polack et al. (2020) indican que los NEPs tienen una forma de acción muy característica debido a que introducen bacterias asociadas dentro del huésped en estado larvario causándole la muerte por septicemia esto ocurre porque se multiplican rápidamente generando metabolitos lo que hace que el insecto muera dentro de 48 a 72 horas.

2.2.3.5. Ciclo de vida

Según Restrepo, Bernal, y Soto (2022) indican que los nematos tienen un ciclo de vida que se clasifica en huevo, cuatro estados juveniles (J1 a J4) y adulto. Se describe que, en el interior del insecto, los JIs se alimentan de bacterias hasta llegar a la etapa adulta, dando lugar a una primera generación de hembras hermafroditas, seguida de 1 o 2 generaciones de machos y hembras (*Heterorhabditidae*) o simplemente entre 1 a 3 generaciones de machos y hembras (*Steinernematidae*).

Los juveniles infectivos JI ingresan al hospedero en estado larvario a través de sus aberturas naturales o heridas, una vez que alcanzan el hemocele liberan bacterias simbiotes del género *Xenorhabdus* (*Steinernematidae*) y *Photorhabdus* (*Heterorhabditidae*), las cuales destruyen los tejidos internos del hospedero

ocasionando la muerte del insecto por septicemia y posteriormente evidenciando una coloración típica de infección amarilla o roja (Polack et al., 2020).

Las generaciones de los juveniles infectivos se producen y se multiplican mientras el cuerpo del insecto siga proporcionando alimentos necesarios para el parásito.

2.2.3.6. Bacterias asociadas

Según Vidaurre, Rodríguez y Uribe (2020) indican que los NEPs o también conocidos como nematodos entomopatógenos se caracterizan por mantener una relación mutualista con las bacterias de géneros *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, quienes funcionan como control biológico de insectos plagas con hábitat terrestre, realizando una especie de parasitación obligada.

La especie de nematodos *Steinernema* confía en su socio *Xenorhabdus* para producir toxinas dentro del cadáver del insecto para liberar los nutrientes del insecto, así como antimicrobianos para esterilizar el cadáver, creando así un entorno adecuado para la reproducción, a cambio, *Steinernema* vectoriza su *Xenorhabdus* entre insectos huéspedes (Roder y Stock, 2018).

El color del cadáver por acción de las bacterias se refleja por el tipo de especie de nematodo que realice el ataque.

La bacteria Xenorhabdus spp específicamente de la especie *Steinernema* spp produce una coloración por lo general marrón y negro, que se vuelven más oscuros con el tiempo, pudiéndose observar también color rosa, gris-amarillo y verde. Se describe que la especie *Steinernema* lleva la bacteria a lo largo de su estadio en un bolsito especial (Polack et al., 2020, p. 253).

En cambio, los insectos infectados por *Heterorhabditis* spp y muertos debido a la bacteria *Photorhabdus* spp por lo general tienen coloraciones que van desde rojizo marrón, naranja y morado, y en la oscuridad pueden tener luminiscencia.

2.3 Marco legal

Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria

La Asamblea Nacional del Ecuador (2017) describe en conformidad con las atribuciones que le confiere la Constitución de la República del Ecuador y la Ley Orgánica de la Función Legislativa los siguientes capítulos y artículos que se rigen a la información pública de la sanidad agropecuaria, la Protección Fitosanitaria y las áreas libres y de baja prevalencia de plagas.

Capítulo III

Art. 18.- Del subsistema.- Créase el subsistema de Información Pública de Sanidad Agropecuaria dentro del Sistema Nacional de Información Pública Agropecuaria, con el objeto de generar, administrar y proveer información oportuna a los productores y agentes económicos que intervienen en la prevención y protección Fito y zoosanitaria, así como en el uso, producción y comercialización de plantas, productos vegetales, mercancías pecuarias y otros artículos reglamentados, en el mercado nacional e internacional (p.7).

Art. 20.- De los laboratorios oficiales y acreditados.- Para identificar y diagnosticar los patógenos que afectan a la producción primaria agropecuaria y a la calidad de los productos destinados al consumo humano y a la elaboración de alimentos, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, en coordinación con la autoridad rectora del sector de conocimiento, investigación e innovación, utilizará sus laboratorios y la red de laboratorios registrados o acreditados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriana, así como también, de ser el caso, podrá utilizar los laboratorios de referencia internacional (p.8).

Título II

Del régimen de sanidad vegetal.

Capítulo I

Art. 21.- Del control fitosanitario. - El control fitosanitario en los términos de esta Ley, es responsabilidad de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, tiene por finalidad prevenir y controlar el ingreso, establecimiento y la diseminación de plagas que afecten a los vegetales, productos vegetales y artículos reglamentados que representen riesgo fitosanitario (p.8).

Art. 22.- De las medidas fitosanitarias. - Para mantener y mejorar el estatus fitosanitario, la Agencia de Regulación y Control, implementará en el territorio nacional y en las zonas especiales de desarrollo económico, las siguientes medidas fitosanitarias de cumplimiento obligatorio:

a) Requisitos fitosanitarios; b) Campañas de sanidad vegetal, de carácter preventivo, de control y erradicación; c) Diagnóstico, vigilancia y notificación fitosanitaria de plantas y productos vegetales; d) Tratamientos de saneamiento y desinfección de plantas y productos vegetales, instalaciones, equipos,

maquinarias y vehículos de transporte que representen un riesgo fitosanitario; e) Cuarentena cuando se detecte una o varias plagas que represente un riesgo fitosanitario; f) Áreas libres de plagas y de escasa prevalencia de plagas; g) Procedimientos fitosanitarios para la importación y exportación de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados; y, h) Las demás que establezca la Agencia (p.9).

Capítulo II

Art. 28.- De las áreas libres y de baja prevalencia de plagas. - La Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario podrá declarar y mantener oficialmente como área libre o de baja prevalencia de plagas un territorio determinado, cuando verifique técnicamente que una o varias plagas no están presentes en el o se encuentran en niveles bajos y sujeto a medidas eficaces de vigilancia y control (p.10).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se basó en el empleo de cepas de nematodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*) en diferentes suspensiones como un método de control biológico para la plaga del banano el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) a fin de evaluar su efectividad a través dos diseños experimentales.

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1. Investigación de campo

Se realizó la evaluación del comportamiento de la plaga del banano *Cosmopolites sordidus* por medio de trampas sándwich debido a la incorporación previa de suspensiones de nematodos entomopatógenos aplicada por medio de tratamientos en el área de campo.

3.1.1.2. Investigación en laboratorio

Se corroboró las suspensiones de nematodos entomopatógenos *Steinernema feltiae* aplicadas en campo en el área de laboratorio utilizando frascos previamente esterilizados con larvas *Cosmopolites sordidus* por medio del análisis de mortalidad.

3.1.1.3. Investigación experimental

Fue realizada en la Hacienda San José, Kilómetro 35 vía El Triunfo de la provincia del Guayas.

3.1.2 Diseño de investigación

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA) en condiciones de laboratorio en un entorno experimental homogéneo para corroborar la efectividad de diferentes suspensiones de nematodos entomopatógenos *Steinernema feltiae* aplicadas en campo como un biocontrol de larvas de picudo negro *Cosmopolites*

sordidus, el diseño consta de 4 tratamientos y 7 repeticiones con un total de 28 unidades experimentales.

Se evaluó previamente en campo las diferentes suspensiones de nematodos entomopatógenos *Steinernema feltiae*, con la finalidad de obtener datos exactos sobre el controlador biológico en larvas de *Cosmopolites sordidus* en donde se efectuó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) que consta de 4 tratamientos y 5 repeticiones, es decir, un total de 20 unidades experimentales.

3.2. Metodología

3.2.1 Variables

En el trabajo experimental se tomó en cuenta las siguientes variables:

3.2.1.1 Variables independientes

3.2.1.1.1. Suspensión de Nematodos

Se llevó a cabo la continuidad de aplicación por suspensiones de 250, 150 y 75 millones de nematodos entomopatógenos *Steinernema feltiae* como control biológico de larvas de picudo negro *Cosmopolites sordidus* por medio de la fórmula:

$$\text{concentración 1} * \text{volumen 1} = \text{concentración 2} * \text{volumen 2}$$

3.2.1.2 Variable dependiente de laboratorio

3.2.1.2.1. Mortalidad (%)

Se realizó la evaluación de mortalidad por hora en condiciones controladas de laboratorio, para obtener así los resultados en porcentaje por medio de la disectación de larvas muertas para confirmar la efectividad por infección de los nematodos entomopatógenos en diferentes suspensiones.

3.2.1.3 Variable dependiente de campo

3.2.1.3.1 Monitoreo de población inicial (n)

Se realizó el seguimiento y monitoreo previo del número larvas y adultos en trampas sándwich.

3.2.1.3.2. Número de larvas y adultos en trampas (n)

Se realizó la contabilización de larvas y adultos obtenidos en las trampas situadas en cada uno de los tratamientos y a su vez se obtuvieron los datos utilizando la fórmula de eficacia %E con ABBOT.

$$\text{Eficacia} = \{ 1 - [(N_t * N'o) / (N_o * N't)] \} * 100$$

Con:

Nt y No número inicial y final en la parcela que se evalúa el insecto.

N't y N'o número inicial y final en la parcela testigo.

3.2.1.3.3. Peso del racimo (Kg)

Se calculó el peso de los racimos en kg/ha al culminar el proceso de cosecha en el area de investigación.

3.2.1.3.4. Productividad (Kg /ha)

Se calculó la productividad por medio del peso de fruto en kg y la cantidad de planta en hectarea.

3.2.1.3.5. Análisis económico (b/c)

Se obtuvo los valores del costo de producción, el rendimiento por hectárea y los costos de comercialización, para determinar la relación beneficio/costo de la investigación. Según Vargas (2021) la fórmula de costo/beneficio es la siguiente:

$$C/B = \frac{\text{Beneficios totales netos}}{\text{Costo de inversión}}$$

3.2.2 Tratamientos

Para el control del Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) con nematodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*) se tomaron en cuenta los siguientes tratamientos en estudio:

Tabla 1. Descripción de tratamientos en estudio para campo y laboratorio.

Tratamientos	Descripción	Suspensiones	Aplicaciones	
			Abril 2021	Septiembre 2022
T1	Nematodos	250 millones/m ²	15 - 30	15 - 30
T2	Nematodos	150 millones/m ²	15 - 30	15- 30
T3	nematodos	75 millones/m ²	15 - 30	15 - 30
T4	Testigo absoluto	-----	-----	-----

Suárez, 2023

3.2.3 Diseño experimental

Los diseños experimentales utilizados son completos al azar (DCA) y bloques completamente al azar (DBCA), los cuales han sido evaluados previamente dentro del manejo agronómico en banano, con el total de 4 tratamientos correspondientes a tres suspensiones de nematodos entomopatógenos y un testigo absoluto. Dentro de su evaluación se corroboró su efectividad en condiciones controladas en laboratorio para su aplicación en el área de campo implementando la prueba de Tukey al 0.05% de significancia.

2.2.3.6. Esquemas de análisis de varianza

Tabla 2. Esquema ANDEVA para el diseño DCA en laboratorio.

Fuente de variación	Formula	Desarrollo	Grados de libertad
Tratamientos	T- 1	(4-1)	3
Error experimental	T (r-1)	4(7-1)	24
Total	T.r -1	(28-1)	27

Suárez, 2023

Tabla 3. Esquema ANDEVA para diseño DBCA en campo.

Fuente de variación	Formula	Desarrollo	Grados de libertad
Tratamientos	(T-1)	4 – 1	3
Repeticiones	(r-1)	5 – 1	4
Error experimental	(T-1) (r -1)	(4 -1) (5 -1)	12
Total	T.r - 1	4x5 -1	19

Suárez, 2023

2.2.3.7. Delimitaciones experimentales

Tabla 4. Características del diseño experimental en laboratorio.

Característica	Cantidad
Números de tratamientos	4
Números de repeticiones	7
Métodos a utilizar	Inoculación In vitro
Números de cajas Petri	28

Suárez, 2023

Tabla 5. Características de las parcelas experimentales en campo.

Descripción de parcelas	Unidades
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	5
Número de parcelas	20
Número de trampas por parcelas	2
Largo de parcela	10 m
Ancho de parcela	40 m
Área por parcelas	400 m ²
Población por parcela	51 plantas
Población total del ensayo	1026 plantas
Distancia entre bloques	10 m
Distancia entre parcelas	1.5 m
Distanciamiento de siembra	3 m x 3 m
Área total del ensayo	8000 m ²

Suárez, 2023

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

3.2.4.1.1. Recursos bibliográficos

Los recursos bibliográficos consultados son: tesis, revistas científicas, artículos científicos, libros, entre otros.

3.2.4.1.2. Recursos de oficina

Materiales como: cámara fotográfica, esferos, carpetas, hojas, impresora, cuaderno de registro, calculadora, entre otros.

3.2.4.1.3. Recursos de campo

Los materiales para utilizados en campo son: bomba de mochila, manipulación de producto biológico a base de nematodos entomopatógenos, machete, piola o cinta de colores, cinta métrica, marcadores, balanza analítica, entre otros.

3.2.4.1.4. Equipos de laboratorio

Los materiales y equipo utilizados en laboratorio son: Bata, guantes, pinzas, cajas Petri, agua destilada, esterilizador, goteros, entre otros.

3.2.4.1.5. Software

Programas: Microsoft Word para redactar los resultados obtenidos, InfoStat para la realización de los análisis estadísticos, Google earth para adjuntar el lugar experimental y PowerPoint ejecutar las presentaciones de la investigación.

3.2.4.1.6. Recursos económicos

El presupuesto pronosticado que se empleó para el estudio es de:

Tabla 6. Recursos económicos

Recurso	Valor unitario (\$)	Cantidad	Total (\$)
Costo de producción	-----	-----	120
Mano de obra directa			
Jornales	15	4	60
Mano de obra	30	2	60
Labores agronómicas			
herramientas	-----	-----	100
Control plagas	77	2	154
Cosecha	30	2	60
Costos indirectos			
Trasporte	-----	-----	90
Total			644

Suárez, 2023

3.2.4.2. **Métodos y técnicas**

3.2.4.2.1. *Métodos*

- **Método sintético:** Nos permitió utilizar el análisis como medio para alcanzar los objetivos de la investigación correspondiente a la fase de laboratorio y el proceso de inoculación in vitro, fase de campo con la incorporación de cada una de las suspensiones en tratamientos y la relación costo/beneficio de la investigación con el fin de enlazar o relacionar todos los resultados para formar una discusión y conclusión sustentable.
- **Método inductivo:** Nos permitió obtener los resultados o efectos esperados en base a la práctica experimental implementada en cada una de las áreas de investigación en laboratorio y campo con el fin de cumplir los objetivos establecidos en el proceso de investigación.
- **Método deductivo:** Nos permitió establecer comparaciones de los resultados obtenidos previos a la utilización hacer validar las premisas obtenidas de cada una de las conclusiones expuestas en la investigación del biocontrol con nematodos entomopatógenos en plaga del picudo negro en banano y a su vez hacer validar las premisas obtenidas de cada una de las conclusiones expuestas en la investigación.

3.2.4.2.2. *Técnicas*

El trabajo experimental se desarrollo en la hacienda San José kilómetro 35 Vía El Triunfo, con un periodo estimado de seis meses.

Actividades de laboratorio

Se realizó la corroboración del biocontrol en larvas de picudo negro *Cosmopolites sordidus* en condiciones controladas en laboratorio por medio de inoculación In vitro con el fin de evaluar si las suspensiones de nematodos entomopatógenos *Steinernema feltiae* de (250 millones/m²), (150 millones/m²) y (75

millones/m²) siguen siendo óptimas para el área de campo. Las técnicas para empleadas se realizaron por medio de cajas Petri o frascos previamente esterilizados los cuales obtenían larvas del picudo negro en la parte inferior y la incorporación de las diferentes suspensiones de nematos entomopatógenos para evaluar su mortalidad por septicemia. El diseño experimental para ejecutar en laboratorio es un (DCA) diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 7 repeticiones que consta de un total de 28 unidades.

Actividades de Campo

El estudio en campo consistió en realizar un proceso o continuidad de aplicaciones de nematodos entomopatógenos en larvas de *Cosmopolites sordidus* previamente evaluadas en laboratorio con el fin de corroborar el efecto a mediano plazo del biocontrolador. Las técnicas a realizadas se basan en monitorear el estado de la plaga en campo por medio de trampas sándwich con la utilización de melaza como atrayente, luego se evaluó el comportamiento del insecto en estado larvario por medio de suspensiones de (250 millones/m²), (150 millones/m²) y (75 millones/m²) de nematodos entomopatógenos diluidos en litros de agua utilizando bombas de fumigación de 20 litros por medio del sistema drench, esto se realiza con el fin de definir su efectividad al controlar la plaga y obtener los resultados deseados para cada una de las variables establecidas. El diseño experimental para ejecutado en campo es un (DBCA) diseño por bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones que consta de 20 unidades experimentales.

Actividades Costo/beneficio

El análisis costo/beneficio evaluado dentro de la investigación se obtuvo por medio de los valores del rendimiento entre los tratamientos en estudio y los costos fijos y variables del cultivo establecido.

3.2.4.3 Manejo del experimento

3.2.4.3.1 Laboratorio

- **Análisis de laboratorio**

Se realizó una evaluación por medio de inoculación *In vitro* en condiciones controladas de suspensiones de nematodos entomopatógenos en larvas de picudo negro y corroborar su efectividad por infección generalizada.

3.2.4.3.2 Campo

- **Delimitación de parcela**

Se obtuvo las medidas del terreno con la ayuda de la cinta métrica donde el área total debe tener 8000m² y cada parcela medir 400m², dejando espacio entre parcela de 1.5 m y entre bloques 10m.

- **Riego**

Se realizó el riego diariamente por medio de aspersores para mantener la capacidad de campo a los 120 cm de profundidad, tomando en cuenta la necesidad del recurso al realizar la aplicación de fertilizante y las suspensiones de nematodos entomopatógenos para el biocontrol de plaga.

- **Deshierbe**

Se realizó el control cultural eliminando las malezas situadas en el área, sin dañar el pseudotallo de la planta que puedan causar heridas y sean lugar para que se sitúe la plaga del picudo negro o de enfermedades. .

- **Fertilización**

Se realizó la fertilización constante dentro de cada mes en el cultivo, se incorpora fertilizante completo dejando 1 metro hacia fuera incorporando en semicírculo o alrededor del hijo seleccionado para la producción.

- **Control de plaga**

Se implemento el monitoreo previo y las aplicaciones por suspensiones de nemátodo entomopatógenos en el área para la larva del picudo negro como control biológico y a su vez se realizarán trampas sándwich con atrayentes para la plaga y tomar datos de variable independiente.

- **Enfunde**

Se realizó el sistema de enfunde de acuerdo al número de semana en el que se encuentre el racimo y se marcará con cinta de color para determinar los racimos estimados para la cosecha.

- **Cosecha y poscosecha**

Se tomaron los datos dentro del proceso de cosecha y poscosecha, el peso del racimo cosechado y en base al calibre los racimos que obtengan un porcentaje de daño por rechazo. A su vez por medio del cálculo ratio tomar los datos de la cantidad de racimos que se requieren para elaborar las cajas de banano y efectuar los valores de productividad.

- **Costos**

Se efectuó la recolección de los valores de los costos de producción, costos de comercialización y costos totales para obtener los datos de la relación costo/beneficio.

3.2.5 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza en el programa de análisis estadístico InfoStat para cada una de las variables en donde se obtuvieron los resultados de la investigación y la verificación de la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos a evaluar.

3.2.5.1. Hipótesis estadística para fase de laboratorio

Ha: Al menos una de las suspensiones de *Steinernema feltiae* tendrá respuestas favorables en el control de *Cosmopolites sordidus* bajo condiciones controladas.

Ho: Ninguna de las suspensiones de *Steinernema feltiae* tendrá respuestas favorables en el control de *Cosmopolites sordidus* bajo condiciones controladas.

3.2.5.2. Hipótesis estadística para fase de campo

Ha: Existe al menos una diferencia significativa en la incidencia de picudo negro con la aplicación de diferentes suspensiones de nemátodos entomopatógenos en el cultivo de banano.

Ho: No hay diferencia significativa en la incidencia de picudo negro con la aplicación de diferentes suspensiones de nemátodos entomopatógenos en el cultivo de banano.

4. Resultados

4.1 Identificación de la suspensión óptima de nemátodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*) en condiciones controladas para el biocontrol de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).

Para la obtención de la variable mortalidad en condiciones controladas se realizó un ensayo en el laboratorio de biotecnología utilizando frascos esterilizados con aproximadamente una larva por tratamiento en siete repeticiones con un total de 28 unidades experimentales, las cuales se llevó a cabo en un monitoreo previo de 72 horas (3 días) para la obtención de los datos en estudio. Se efectuaron todos los procedimientos estadísticos según los supuestos de normalidad, análisis de varianza e histograma en donde se afirma que los datos obtenidos no se encuentran enmarcados en una distribución normal debido a esto se aplicó estadística no paramétrica de los datos empleando la prueba de Kruskal Wallis la cual arrojó como resultado un p-valor del $0.0877 > 0.05$ en el cual se describe que no existe una significancia estadística entre los tratamientos.

4.1.1 Mortalidad (%)

En la figura 1, se detalla los valores en porcentaje y valores acumulativos del número de larvas infectadas por medio del nemátodo entomopatógeno *Steinernema feltiae* los cuales dieron como resultado que a las primeras 24 horas los T3 (75 millones de nemátodos) y T2 (150 millones de nematodos) obtuvieron datos similares en porcentaje de muertes por infección de nemátodos con un 42.86%, seguido del porcentaje a las 48 horas en donde el T1 (250 millones de nemátodos) reflejó un porcentaje de mortalidad en larvas del 85.71% siendo este el porcentaje mayor entre las demás horas y por último a las 72 horas el T1 y T3 obtuvieron el mejor porcentaje con un 100% de larvas infectadas por nemátodos. Se define que T4 (testigo) obtuvo porcentajes entre el 14.29% al 71.43% de larvas

no infectadas, siendo este el tratamiento que mantuvo el menor porcentaje de larvas muertas ante los otros tratamientos.

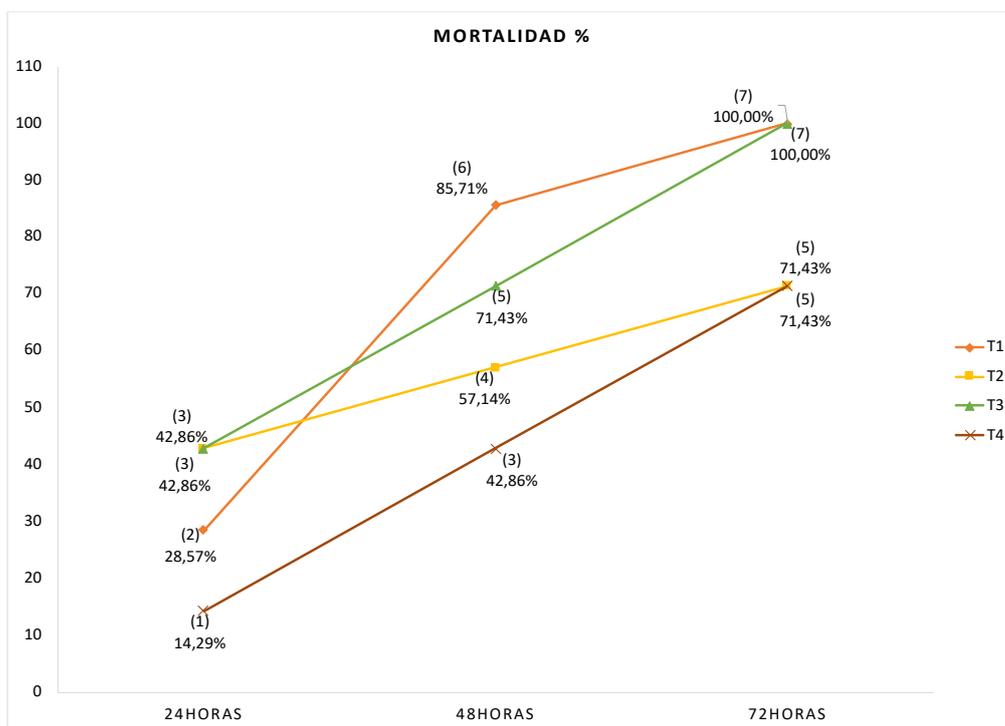


Figura 1. Índice de mortalidad en larvas de *Cosmopolites sordidus* por el nemátodo entomopatógeno *Steinernema feltiae* en laboratorio.

Suárez, 2023

4.2 Determinación del efecto a mediano plazo de aplicaciones previa de nemátodo entomopatógenos *Steinernema feltiae* en campo, hacienda San José.

4.2.1 Monitoreo de población inicial (n)

Se determinó el monitoreo de la población inicial aplicando trampas sándwich con cebo alimenticio “Melaza” el cual ha sido utilizado como atrayente para adultos del picudo negro, realizando así un conteo total inicial de insectos recolectados, con anticipación a la aplicación de nematodos entomopatógenos.

Los valores obtenidos en el monitoreo de población inicial por medio del análisis de varianza y la prueba de Tukey al 0.05% arrojaron un p-valor del 0.6039 > 0.05 demostrando que no existe significativa estadística inicial de la población

de *Cosmopolites sordidus* y un coeficiente de variación un 54.8% los cuales se normalizaron obteniendo una reducción de 23.90%; sin embargo, las medias obtenidas se diferencian entre ellas, describiendo que en las Trampas del T1 se obtuvo el menor número de población de picudos adultos con un 2.50 (n), seguido por las Trampas del T3 la cual obtuvieron un 2.90 (n) en adultos, seguido por el T2 que obtuvo un promedio de 3.35 (n) y por último las Trampas del tratamiento T4 las cuales obtuvieron el mayor promedio con un 3.95 (n) en presencia de adultos en Trampas.

4.2.2 Número de larvas y adultos en trampas (n)

Se realizó el conteo correspondiente al número de larvas y adultos en trampas con el fin de obtener muestreos cada 3 a 7 días después de las aplicaciones de nemátodos entomopatógenos (Figura 12) y (Figura 13).

En la tabla 9, se presentan los valores obtenidos según en el análisis de varianza y la fórmula del control de eficacia (%E) con ABBOT en la cual se detallan por medio de la prueba de Tukey al 0,05% que existe significancia estadística con un p-valor de $0.0395 < 0.05$ en los datos obtenidos a los 21 días después de la primera aplicación (21DDA) y se describe que el T2 (150 millones/NEP) obtuvo el mayor porcentaje de eficacia sobre el insecto con un 76.60% a diferencia de los otros tratamientos; a los 3 días después de la segunda aplicación (3DDA) se puede observar que también se cumplió el rango de significancia estadística entre los tratamientos con un p-valor de $0.0055 < 0.05$ en la prueba de Tukey el cual describe que el T1 (250 millones/NEP) obtuvo un porcentaje de eficacia sobre el insecto plaga de un 72.80% y por último se define que a los 18 días después de la segunda aplicación (18DDA) se cumple un p-valor de $0.0311 < 0.05$ de significancia en el cual el T3 (75 millones/NEP) obtuvo un porcentaje de eficacia sobre el insecto plaga

con un 70.00%. Se determina de los tres tratamientos en estudio presentaron efectividad al controlar larvas y adultos en trampas.

Tabla 7. Larvas y adultos *Cosmopolites sordidus* después de las aplicaciones de nemátodo *Steinernema feltiae* en el cultivo de banano.

No	Tratamientos	Eficacia con ABBOT							
		Primera aplicación				Segunda aplicación			
		3DDA	6DDA	13DDA	21DDA	3DDA	7DDA	11DDA	18DDA
T1	250millones/NEP	82.00 a	75.40 a	75.80 a	62.60 a b	72.80 b	45.00 a	79.00 a	55.40 a
T2	150millones/NEP	52.40 a	73.60 a	69.80 a	76.60 b	60.20 b	59.00 a	67.60 a	41.00 a b
T3	75millones/NEP	66.00 a	71.80 a	76.20 a	46.60 a	25.40 a	33.60 a	56.60 a	70.00 b
T4	Testigo	'-----	'-----	'-----	'-----	'-----	'-----	'-----	'-----
C.V		36.97	22.73	28.63	24.29	31.81	67.72	22.65	24.87
E.E		11.04	7.48	9.47	6.73	7.51	13.89	6.86	6.17

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

Suárez, 2023

4.2.3 Peso de racimo (kg)

En la tabla 10, se presentan los valores promedio del peso del racimo, en donde se transformaron los datos de lb a Kg, según el análisis de varianza, se indica que en la prueba de Tukey al 0.05% se obtuvo un p-valor de $0.5585 > 0.05$ demostrando que no existe significancia estadística entre los tratamientos, con un coeficiente del 11.80% y se determina que el T1 (250 millones de nemátodos) obtuvo un valor de 33.38 kg, siendo este el mayor promedio, seguido por los tratamientos T2 (150 millones de nemátodos) y T3 (75 millones de nemátodos) que obtuvieron valores similares en cuanto al peso del racimo con 32.44 kg y 32.37 kg respectivamente y por último el T4 (testigo) el cual obtuvo un valor de 30.01 kg siendo este el menor valor en peso entre los demás tratamientos.

4.2.4 Productividad (kg/ha)

En la tabla 10, se presentan las medias obtenidas al analizar la productividad del cultivo de banano; por medio del peso del fruto en cosecha y el número de plantas por hectarea. De acuerdo al análisis de varianza los datos obtenidos arrojaron un p-valor de $0.5585 > 0.05$ entre los tratamientos determinando que no existe

significancia entre los tratamientos con un coeficiente de 11.79%; sin embargo se describe que el T1 (250 millones de nemátodos) fue definido como el promedio de mayor productividad con 42824,00 (kg/ha), seguido del T2 (150 millones de nemátodos) con un promedio de 41625.20 (kg/ha), seguido del T3 (75 millones de nemátodos) con un promedio de 41526.40 (kg/ha) y por ultimo el T4 (testigo) el cual presento el menor promedio en productividad con 38502.80 (kg/ha) a diferencia de los otros tratamientos.

Tabla 8. Peso de racimo y productividad

No.	Tratamientos	Dosis	Frecuencia de días	Peso de racimo (kg)	Productividad (kg/ha)
T1	Nemátodos	250 mill/m ²	15 – 30 días	33.38 a	42824.00 a
T2	Nemátodos	150 mill/m ²	15 – 30 días	32.44 a	41625.20 a
T3	Nemátodos	75 mill/m ²	15 – 30 días	32.37 a	41526.40 a
T4	Testigo	-----	15 – 30 días	30.01 a	38502.80 a
Promedio				32.05	41119.6
C.V %				11.80	11.79
E.E				1.69	2168.89

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

Suárez, 2023

4.3 Realización del estudio costo- beneficio de los tratamientos a evaluar.

4.3.1 Análisis económico (b/c)

De acuerdo con el análisis económico, obtenido en base al rendimiento, se puede observar en la tabla 12, los valores expresados en kg/ha y a su vez los calculó de costos fijos y los ingresos brutos obtenidos en relación con el cultivo, los cuales arrojaron que el T1 (250 millones de nematodos) obtuvo el mejor promedio en cuanto a la relación costo/benefició entre los tratamientos con \$0.85 ctv., por cada dólar invertido, seguido del T3 (75 millones de nematodos) y el T2 (150

millones de nematodos) los cuales arrojaron cifras de \$0.78 y \$0.17 ctv. por cada dólar invertido, por último el T4 (testigo) el cual arrojó una cifra de \$0.01 ctv. por cada dólar invertido, siendo este el tratamiento con menor promedio en cuanto al análisis económico.

Tabla 9. Análisis Económico

Componentes	T1	T2	T3	T4
	250	150	75	Testigo
	mill /NEP	mill /NEP	mill/NEP	
Rendimiento (caja/ha)	3245,62	3154.73	3147.26	2918.11
Rendimiento (cajas/parcelas)	129.02	125.41	125.10	115.99
Costo fijo ha/(\$)	7000.00	7000.00	7000.00	7000.00
Costo variable (\$)	110.00	99.30	77.33	55.76
Costo total (\$)	7110.00	7099.30	7077.33	7055.76
Precio comercial (\$/Kg)	6.25	6.25	6.25	6.25
Ingreso bruto (\$)	20285.10	19717.09	19670.40	18238.16
Beneficio neto (\$)	13175.10	12617.79	12593.07	9182.40
Relación benefició/costo	1.85	1.78	1.17	1.01

Suárez, 2023

5. Discusión

Al evaluar el control de larvas de picudo negro con diferentes suspensiones de nemátodos entomopatógenos *Steinernema feltiae* correspondiente a T1 (250 millones/NEP), T2 (150 millones/NEP) y T3 (75 millones/NEP) en condiciones controladas se reflejó que, en una frecuencia de 24, 48 y 72 horas el porcentaje de mortalidad obtuvo un control efectivo del 100% en los tratamientos uno y tres. Sin embargo, el T4 (Testigo) arrojó los menores porcentajes a lo largo de la evaluación por lo que comparo y discuto con Macías (2021) quien evaluó el porcentaje de mortalidad de *Steinernema feltiae* en 4 días posteriores a su aplicación en condiciones controladas utilizando las mismas suspensiones de nemátodos entomopatógenos en larvas de *Cosmopolites sordidus*, su evaluación alcanzó una mortalidad de 93% en el T1, siendo este menor al porcentaje obtenido en nuestra investigación no obstante el estudio mantuvo diferenciación puesto a que el T3 no dio reflejos de efectividad similares, sin embargo se puede decir que en el T4 si se demostró diferenciación al ser el menor porcentaje de mortalidad por horas.

Al igual que Macías, los datos que obtuvo Vargas (2021) en control de *Spodoptera frugiperda* en maíz con la especie de nemátodos entomopatógenos *Steinernema carpocapsae* en condiciones controladas arrojó un porcentaje menor del 82.14% en el T1 considerando que las suspensiones de nemátodos fueron de (15 ml, 10 ml y 5 ml) siendo estas menores al igual que los tiempos de evaluación. Se puede interpretar por medio de estas comparaciones que existe diferenciación metodológica, sin embargo, las investigaciones mencionadas con anterioridad arrojan similitudes al concluir que el T1 con mayor concentración es el óptimo para un control efectivo de insectos plagas en estado larvario en laboratorio.

En cuanto a la evaluación del número de larvas y adultos en trampas arrojó un control efectivo entre los tratamientos los cuales se determinaron con la fórmula de

%E de eficacia con abbot en un periodo de monitoreo de 3 a 7 días en campo, después de las aplicaciones de NEP los tratamientos tienen un porcentaje de eficacia de T1 (72.80%), T2 (76.60%) y T3 (70.00%), por lo que discuto con Espinosa et al. (2019) quienes realizaron un estudio utilizando el hongo *Beauveria bassiana* con T6 trampas sandwich y T1 trampas tipo tocón para capturar y controlar el picudo negro en banano, sin embargo, presentaron variabilidad entre los datos siendo el T1 el mejor entre los demas tratamientos. Esta investigacion se diferencia simultaneamente con la actual y al igual que con la de Olivares y Morán (2021) la cual afirma que al hacer uso de trampas entomologicas puede resultar una baja de endidencia de hasta el 61% de insectos *C. sordidus* y al realizar recambios estas capturas pueden resultar mas efectivas de hasta un 85%. No obstante estas metodologias se diferencian y lo que resulta mejor entre estre trabajo de investigación es el uso de nematodos entomopatogenos y la fórmula de eficacia con abbot en la cual se puede lograr obtener menor variabilidad, datos más precisos y un tratamiento eficaz.

En el análisis económico se obtuvo datos por tratamiento en los cuales arrojaron los beneficios y los costos por cada dólar invertido en el cultivo de banano en manejo biológico y se determinó que el T1 (250 mill/NEP) gana \$1.85 ctv. por cada dólar invertido siendo este mayor entre los demás tratamientos, estos datos los discuto con Suárez y Suárez (2020) quienes realizaron una investigación en banano con *Beauveria bassiana* y se determinó que los T1(*Bau*/polvo) genera mayores beneficios en control biológico con un \$8.01ctv. por cada dólar invertido, finalmente Valarezo (2019) quien realizo un estudio de incidencia del picudo negro y picudo rayado en plantación de banano en control biológico en un lote, obtuvo un valor mayor de \$4.44 ctv. en manejo orgánico con sistema de trampeo por cada dolor invertido en una unidad de producción en su proceso de estudio.

6. Conclusión

Al realizar el análisis estadístico en condiciones controladas en laboratorio finalmente se obtuvieron las medias de mortalidad de los individuos del picudo negro, los cuales no presentaron significancia estadística entre ellos, de esta manera se establece que se rechaza la H_a y se acepta la H_o dentro de los parámetros estadísticos planteados con anterioridad; sin embargo, de acuerdo a los porcentajes se define que el T1 (250 millones de nemátodos) obtuvo mayor efectividad a diferencia de los demás tratamientos con un porcentaje de 85.71% a las 48 horas y un 100% a las 72 horas de infección por nemátodos.

En conclusión, al controlar el picudo negro *Cosmopolites sordidus* en campo hacienda San José, los testigos absolutos obtuvieron mayor presencia de adultos y larvas en trampas; sin embargo, se determina que las diferentes concentraciones de nemátodos entomopatógenos analizadas en los lotes demuestran eficacia al controlar la plaga siendo el T1 de (250 millones/m²) el que obtuvo mayor efectividad, en este sentido se determina que se acepta la H_a y se rechaza la H_o entre los tratamientos.

En respuesta al análisis económico de los tratamientos en estudio y la relación costo/beneficios se determina que el T1 (250 millones/m²) de nematodos entomopatógenos fue el mayor valor con un \$1.85 ctv. concluyendo así que por cada dólar invertido se generaron ganancias de \$0.85 ctv. respectivamente.

7. Recomendación

Utilizar el nemátodo entomopatógeno *Steinernema feltiae* en dosis de 250 millones/m² con la finalidad de controlar al picudo negro *Cosmopolites sordidus* en el cultivo de banano.

Promover el uso de los diferentes tipos de trampeo entomológico con atrayentes en el cultivo de banano como alternativa para mitigar la incidencia o población de la plaga *Cosmopolites sordidus* en el cultivo de banano.

Hacer uso del control biológico con nemátodos entomopatógenos como reemplazo de insecticidas sintéticos debido a que minimizar el impacto ambiental negativo, se alimentan solo de insectos plagas y su aplicación en el suelo no afecta a las plantas, a los humanos u otros animales que no sean de su interés de acción.

8. Bibliografía

- Alarcón, J., y Jimenez, Y. (2017). Manual de manejo fitosanitario del cultivo del plátano. In Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR; https://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf
- Amador, M., Molina, D., Guillen, C., Parajeles, E., Jiménez, K., y Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 es capaz de localizar e infectar larvas de picudo dentro del corno de banano y alcanzar. www.mag.go.cr/revagr/index.htmlwww.cia.ucr.ac.cr
- Argotti, E., Villa, L., Hernández, C., Gallegos, P., Cazar, M., y Alcazar, J. (2022). Etología de nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis* aislados de larvas de gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) plaga de la papa (*Solanum tuberosum*) en Ecuador 16. https://www.researchgate.net/publication/366384268_Articulo_cientifico_Etologia_de_nematodos_entomopatogenos_del_genero_Heterorhabditis_aislados_de_larvas_de_gusano_blanco_Premnotrypes_vorax_plaga_de_la_papa_Solanum_tuberosum_en_Ecuador.
- Armendáriz, I., Landázuri, P., Taco, J., y Ulloa, S. (2016). Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 319. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.20552>
- Armendáriz, I., Landázuri, P., Taco, M., y Ulloa, S. (2019). Dinámica de la población de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Insecta, Coleoptera, Curculionidae) en el cultivo de plátano en Ecuador. *Revista Científica Ecuatoriana*, 1(1). <https://doi.org/10.36331/revista.v1i1.74>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Ley orgánica de sanidad agropecuaria. In Boletín Oficial del Estado: Vol. SAN-2017-0 (SAN-2017-0324).

- www.lexis.com.ec. [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf)
- Baridón, E., y Villarreal, J. (2017). Cultivo de banano. Cedeva Misión Tacaagle, 48. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/10196/course/section/2634/cultivo de banano 2017.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/10196/course/section/2634/cultivo%20de%20banano%202017.pdf)
- Barraza, E., y CHavarría, S. (2020). Evaluación de la eficiencia de diferentes tipos de trampas de pseudotallo, para la captura del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*, Germar, 1824), en la provincia de Darién, república de Panamá. *Scientia*, 30(1), 53–59. <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v30n1a4>
- Benítez, P. (2017). Alteraciones que no permiten cumplir con los estándares de calidad del banano para exportación en la hacienda María Antonieta. [Tesis]. In Universidad Técnica de Ambato. Universidad Técnica de Ambato.
- Bertolotti, M., y Cagnolo, S. (2019). Nematodos entomopatógenos (familias Steinernematidae y Heterorhabditidae) en Argentina. Recopilación de hallazgos de poblaciones naturales en medio siglo de prospecciones. Artículo de Revisión, *Revista de Ciencias Exactas*, 6(1), 8. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/21082>
- Candanedo, E., Aranda, G., Cabezón, A., y Reina, L. (2020). Bioprospección y conservación de cepas nativas del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 30, 139 –149.
- Castillo, T., y Jiménez, E. (2018). Dinámica poblacional de insectos plagas en el cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *La Calera*, 17(28). <https://doi.org/10.5377/calera.v17i28.6363>
- Centanaro, P. H., y Nava, J. C. (2021). Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades productivas de banano, Milagro, Ecuador. *Revista CEA*, 7(13). <https://doi.org/10.22430/24223182.1554>

- Cerna, R. (2022). Evaluación de cuatro tipos de trampas en el control biológico del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* en tres distritos de la Región Ucayali, Perú. [Thesis]. Universidad Nacional de Ucayali.
- Dillman, A., Chaston, J., Adams, B., Ciche, T., Goodrich-Blair, H., Stock, P., y Sternberg, P. (2012). An entomopathogenic nematode by any other name. The Pathogens, 8(3). <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002527>
- Espinosa, Y., Quevedo, J., y Garcia, R. (2019). Determinación de la eficiencia de diferentes trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.) en banano orgánico. Revista científica agroecosistemas, 7(1), 171–180. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Faginia, M., y Tapia, A. (2018). Ficha del cultivo de banano. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_tecnica_banano.pdf
- Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Hernandez, J., Sandoval, J., y Rocha, H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. Revista Brasileira de Fruticultura, 40(4). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- Galecio, M., León, K., y Aguilar, R. (2020). Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (*Musa spp* L.). Manglar, 17(4), 301–306. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.045>
- García, D., Enrique, R., López, L., Hernández, D., Miranda, I., Calabuche, G., Pino, O., Pupiro, L., y Rodríguez, M. (2019). Susceptibilidad de adultos de *Cosmopolites sordidus* Germar a *Heterorhabditis amazonensis* Andaló. Cepa HC1. Revista de protección vegetal, 34, 1–8. <http://opn.to/a/GQGxM>
- García, R., Portal, N., Santos, R., Rodríguez, A., y Companioni, B. (2020). Mejoramiento genético para la resistencia a marchitez por *Fusarium* en

- banano. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 39(1). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2008-2>
- Guzmán, A. (2019). Alternativas Para El Control De Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus* G.) En el cultivo de banano convencional [Tesis]. In *Journal of Chemical Information and Modeling. Universidad Técnica de Machala*.
- Guzmán, D., Guerrero, J., y García, R. (2019). Alternatives for the control of black weevil (*Cosmopolites sordidus* G.) In the conventional banana cultivation. *Agroecosistemas, Revista Científica Agroecosistemas*, 7, 103. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- Intagri. (2018). Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de banano. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano?p=registro>
- López, A. (2020). Incidencia y control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de plátano en el Ecuador. [Thesis]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Macías, A. (2021). Manejo de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) con el nemátodo entomopatógeno (*Steinernema feltiae*) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA). [Thesis]. Universidad Agraria del Ecuador.
- Miranda, I., García, D., y Rodríguez, M. (2019). metaanálisis de las estrategias para el manejo de *Cosmopolites sordidus* en *Musa spp*. *Revista de Protección Vegetal*, 34(2). <http://opn.to/a/JeRz8>
- Morales, E., Molina, E., y Segura, A. (2018). Manejo seguro, eficiente y sostenible de la sanidad del cultivo de banano Intagri,.54,.5. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/manejo-seguro-eficiente-y-sostenible-de-la-sanidad-del-cultivo-de-banano>

- Olivares, N., y Morán, A. (2021). Manejo del picudo negro del banano en Rapa Nui mediante feromonas. *Sanidad vegetal, soluciones basadas en la naturaleza*, 98-103.
[nia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68431/18.pdf?sequence=44&isAllowed=](http://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68431/18.pdf?sequence=44&isAllowed=)
- Olivares, N., Morán, I., y Ahumada, I. (2020). Picudo negro del banano en Rapa Nui Monitoreo mediante el uso de feromonas.
<http://biblioteca.inia.cl/link.cgi/fichas-tecnicas-y-manuales>
- Pacheco, L., Reséndiz, F., y Arriola, V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México. *Revista mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), 1–29.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v10n56/2007-1132-remcf-10-56-4.pdf>
- Piedra, A., Hernández, E., Marta, P., y Perera, S. (2021). Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo. 40.
<https://www.icia.es/icia/download/publicaciones/Cosmopolites.pdf>
- Polack, L., Lecuona, R., y Noem, S. (2020). Control biológico de plagas en horticultura. (INTA Insti).
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/150350/CONICET_Digital_Nro.2f304142-280b-4817-8e64-a8241851b46c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Prado, J., y Garzón, V. (2022). Evolución económica y productiva del sector bananero de la provincia de El Oro en el período 2011 – 2020. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(2), 260–270. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.2.1035>
- Punto Verde S.A. (2019). *Benfurool insecticida sistemco carbamato*.
<https://www.puntoverde.com.ec/contacto/>
- Restrepo, A., Bernal, L., y Soto, A. (2022, June). *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (1965) (Hemiptera: Margarodidae): Evaluación de su control biológico

- utilizando una mezcla de los nematodos entomopatógenos *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae)*. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 26(1), 14.
- Roder, A., y Stock, S. (2018). Influence of *Xenorhabdus* (Gamma-Proteobacteria: Enterobacteriaceae) symbionts on gonad postembryonic development in *Steinernema* (Nematoda: Steinernematidae) nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 153, 65–74. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2018.02.015>
- Rodríguez, C. (2020). Efecto de la aplicación del bioestimulante *Nutrisorb® G* sobre la respuesta agronómica del cultivo de banano (*Musa Aaa Subgrupo Cavendish Cv. Gran Enano*), *En Parrita, Puntarenas*. [Licenciatura thesis]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Roger, Y., Nivelá, P., Rojas, J., Taípe, V., Piloso, K., Pedraza, X., Aragundi, J., y Chávez, M. (2017). Evaluación de trampas para captura de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en cultivo de plátano (*Musa AAB cv. Hartón*). *El Misionero Del Agro*, 1–8.
http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/15/055-2017.pdf
- Ronquillo, A., Vásconez, G., Ruiz, Y., Dueñas, D., Suarez, L., Ezeta, H., y Santana, D. (2021). Biological control of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar with the use of several *Beauveria bassiana* strains under laboratory conditions. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5527–5542. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-051>
- Segura, A. (2018). Fisiología de la producción del cultivo de banano en el Trópico. Intagri. Instituto Para La Innovación Tecnológica En La Agricultura, 5. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/fisiologia-de-la-produccion-del-cultivo-de-banano-en-el-tropico>

- Solarte, A., Muñoz Jaime, y Riascos, D. (2020). Picudos del plátano y banano: *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*, *Metamasius hebetatus*, *Metamasius submaculatus* y *Polytus mellerborgii*. (Vol. 1). Universidad Nacional de Colombia . <http://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79517>
- Suárez, juver, y Suárez, L. (2020). Efectividad del hongo *Beauveria bassiana* en trampas para manejo del picudo del cultivo del plátano (*Cosmopolites sordidus*: *Coleoptera-Curculionidae*) Tonalá-Chinandega,2019 [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4075/1/tnh10s939.pdf>
- Suárez, L., Suarez, J., y Monzón, V. (2021). Manejo del picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) Coleoptera: Curculionidae) con *Beauveria bassiana* Bals y Vuils, Tonalá-Chinandega, Nicaragua. La Calera, 21(36), 10. <https://doi.org/10.5377/calera.v21i36.11666>
- Torres, J. (2019). Manejo Integrado de picudo negro (*Cosmopolite sordidus* Germar) en el cultivo de banano (*Musa AAA*). [Thesis]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Uribe, M., Muñoz, J., y Riascos, D. (2020). Nematodos entomopatogenos una alternativa para el control de los picudos del plátano. (Comite_editorial_pal@unal.edu.co, Ed.; 1ª. edición). Biblioteca Digital Repositorio Institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79510>
- Valarezo, M. (2019). Incidencia del picudo negro y picudo rayado en plantación de banano con manejo orgánico y convencional. [Thesis, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12764>
- Vargas, A., Watler, W., Morales, M., y Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano En Costa Rica. Clada Catie, 2(21), 1–56. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>

- Vargas, M. (2021). Evaluación del nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* para el manejo de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) [Thesis]. Universidad Agraria del Ecuador, Tesis.
- Vidaurre, D., Rodríguez, A., y Uribe, L. (2020). Factores edáficos y nemátodos entomopatógenos en un agroecosistema neotropical de banano. *Revista de Biología Tropical*, 68(1). <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.37680>

9. Anexos

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
24 horas	T1	7	0,29	0,49	0,00	1,14	0,6288
24 horas	T2	7	0,43	0,53	0,00		
24 horas	T3	7	0,43	0,53	0,00		
24 horas	T4	7	0,14	0,38	0,00		

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
48 horas	T1	7	0,57	0,53	1,00	1,97	0,3916
48 horas	T2	7	0,14	0,38	0,00		
48 horas	T3	7	0,29	0,49	0,00		
48 horas	T4	7	0,29	0,49	0,00		

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
72 horas	T1	7	0,14	0,38	0,00	0,31	0,8722
72 horas	T2	7	0,14	0,38	0,00		
72 horas	T3	7	0,29	0,49	0,00		
72 horas	T4	7	0,14	0,38	0,00		

Figura 2. Datos de mortalidad no paramétrico con Kurskal Wallis.
Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
tran.Adultos	20	0,58	0,33	23,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,18	7	0,45	2,34	0,0937
Tratamientos	0,38	3	0,13	0,65	0,5992
Repeticiones	2,80	4	0,70	3,61	0,0374
Error	2,33	12	0,19		
Total	5,51	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82751

Error: 0,1942 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	1,69	5	0,20 A
T3	1,75	5	0,20 A
T2	1,90	5	0,20 A
T4	2,04	5	0,20 A

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

Figura 3. Análisis de varianza de monitoreo de población inicial.
Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia % 1	15	0,58	0,27	36,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6828,27	6	1138,04	1,87	0,2031
tratamientos	2195,20	2	1097,60	1,80	0,2262
repeticiones	4633,07	4	1158,27	1,90	0,2040
Error	4878,13	8	609,77		
Total	11706,40	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=44,62617

Error: 609,7667 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	52,40	5	11,04 A
T3	66,00	5	11,04 A
T1	82,00	5	11,04 A

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

Figura 4. Análisis de varianza del primer muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia% 2	15	0,54	0,19	22,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2585,33	6	430,89	1,54	0,2789
tratamientos	32,40	2	16,20	0,06	0,9441
repeticiones	2552,93	4	638,23	2,28	0,1491
Error	2238,27	8	279,78		
Total	4823,60	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=30,22865

Error: 279,7833 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	71,80	5	7,48 A
T2	73,60	5	7,48 A
T1	75,40	5	7,48 A

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

Figura 5. Análisis de varianza del segundo muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia%	3 15	0,07	0,00	28,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	252,80	6	42,13	0,09	0,9951
tratamientos	128,53	2	64,27	0,14	0,8685
repeticiones	124,27	4	31,07	0,07	0,9895
Error	3584,13	8	448,02		
Total	3836,93	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=38,25206

Error: 448,0167 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	69,80	5	9,47 A
T1	75,80	5	9,47 A
T3	76,20	5	9,47 A

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

Figura 6. Análisis de varianza del tercer muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia%	4 15	0,75	0,56	24,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5450,27	6	908,38	4,01	0,0373
tratamientos	2253,33	2	1126,67	4,98	0,0394
repeticiones	3196,93	4	799,23	3,53	0,0607
Error	1810,67	8	226,33		
Total	7260,93	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=27,18830

Error: 226,3333 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	46,60	5	6,73 A
T1	62,60	5	6,73 A B
T2	76,60	5	6,73 B

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

Figura 7. Análisis de varianza del cuarto muestreo de larvas y adultos utilizando la formula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia%	5	15	0,77	0,61 31,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7772,00	6	1295,33	4,59	0,0259
tratamientos	6027,60	2	3013,80	10,69	0,0055
repeticiones	1744,40	4	436,10	1,55	0,2776
Error	2256,40	8	282,05		
Total	10028,40	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=30,35085

Error: 282,0500 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	25,40	5	7,51 A
T2	60,20	5	7,51 B
T1	72,80	5	7,51 B

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

Figura 8. Análisis de varianza del quinto muestreo de larvas y adultos utilizando la fórmula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia %	6	15	0,28	0,00 67,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2980,27	6	496,71	0,51	0,7829
tratamientos	1618,53	2	809,27	0,84	0,4669
repeticiones	1361,73	4	340,43	0,35	0,8352
Error	7717,47	8	964,68		
Total	10697,73	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=56,13066

Error: 964,6833 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	33,60	5	13,89 A
T1	45,00	5	13,89 A
T2	59,00	5	13,89 A

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

Figura 9. Análisis de varianza del sexto muestreo de larvas y adultos utilizando la fórmula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia%	7	15	0,62	0,33 22,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3026,80	6	504,47	2,14	0,1571
tratamientos	1254,53	2	627,27	2,67	0,1296
repeticiones	1772,27	4	443,07	1,88	0,2069
Error	1882,13	8	235,27		
Total	4908,93	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=27,71966

Error: 235,2667 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	56,60	5	6,86 A
T2	67,60	5	6,86 A
T1	79,00	5	6,86 A

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

Figura 10. Análisis de varianza del séptimo muestreo de larvas y adultos utilizando la fórmula ABBOT.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficacia%	8	15	0,70	0,48 24,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3598,93	6	599,82	3,15	0,0684
tratamientos	2102,53	2	1051,27	5,52	0,0311
repeticiones	1496,40	4	374,10	1,97	0,1930
Error	1522,80	8	190,35		
Total	5121,73	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=24,93356

Error: 190,3500 gl: 8

tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	41,00	5	6,17 A
T1	55,40	5	6,17 A B
T3	70,00	5	6,17 B

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

Figura 11. Análisis de varianza del octavo muestreo de larvas y adultos utilizando la fórmula ABBOT.

Suárez, 2023

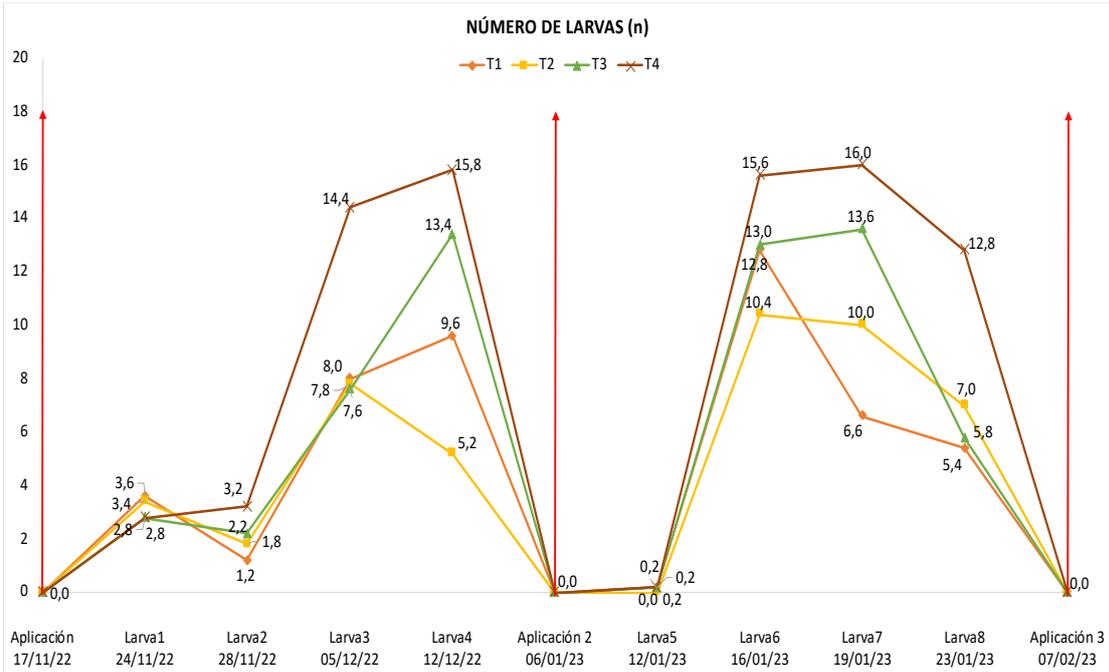


Figura 12. Muestrados del número de larvas en trampas después de las aplicaciones. Suárez, 2023

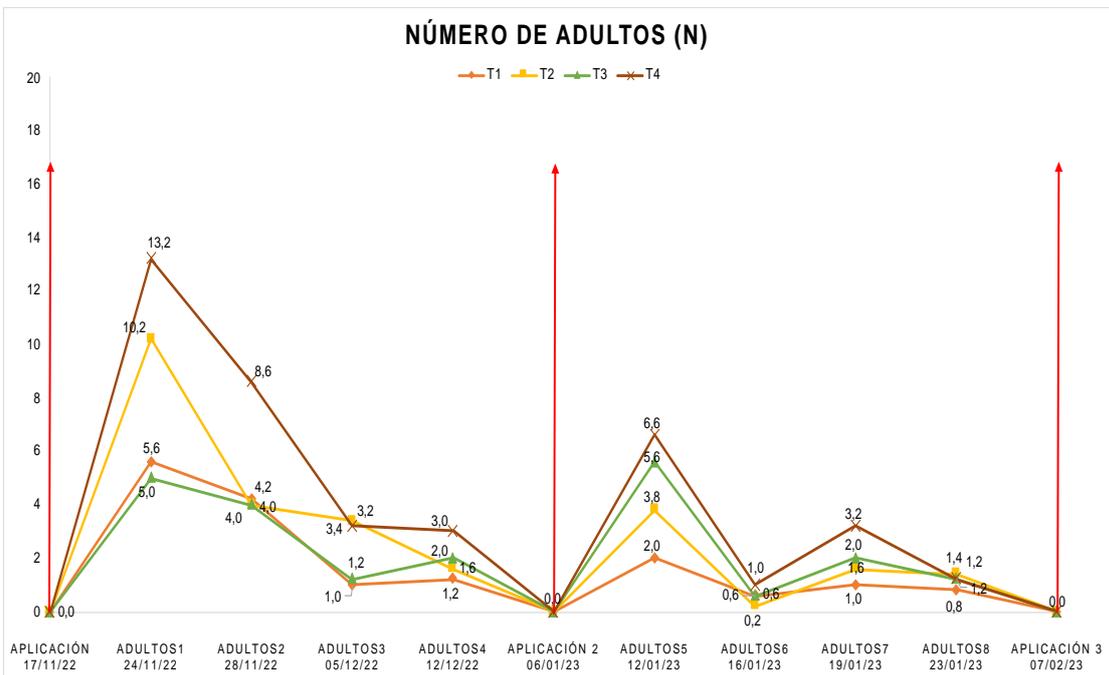


Figura 13. Muestrados del número de adultos en trampas después de las aplicaciones. Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg/racimo	20	0,19	0,00	11,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,48	7	5,64	0,39	0,8879
Tratamientos	30,91	3	10,30	0,72	0,5585
Repeticiones	8,57	4	2,14	0,15	0,9594
Error	171,50	12	14,29		
Total	210,98	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,09855

Error: 14,2918 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	30,01	5	1,69 A
T3	32,37	5	1,69 A
T2	32,44	5	1,69 A
T1	33,38	5	1,69 A

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

Figura 14. Análisis de varianza de la variable peso del racimo.

Suárez, 2023

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
productividad kg/ha	20	0,19	0,00	11,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64970724,30	7	9281532,04	0,39	0,8879
Tratamientos	50868696,00	3	16956232,00	0,72	0,5585
Repeticiones	14102028,30	4	3525507,07	0,15	0,9595
Error	282244520,50	12	23520376,71		
Total	347215244,80	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9106,42397

Error: 23520376,7083 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	38502,80	5	2168,89 A
T3	41526,40	5	2168,89 A
T2	41625,20	5	2168,89 A
T1	42824,00	5	2168,89 A

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

Figura 15. Análisis de varianza de la variable productividad.

Suárez, 2023



Figura 16. Ubicación del trabajo experimental.
Suárez, 2023

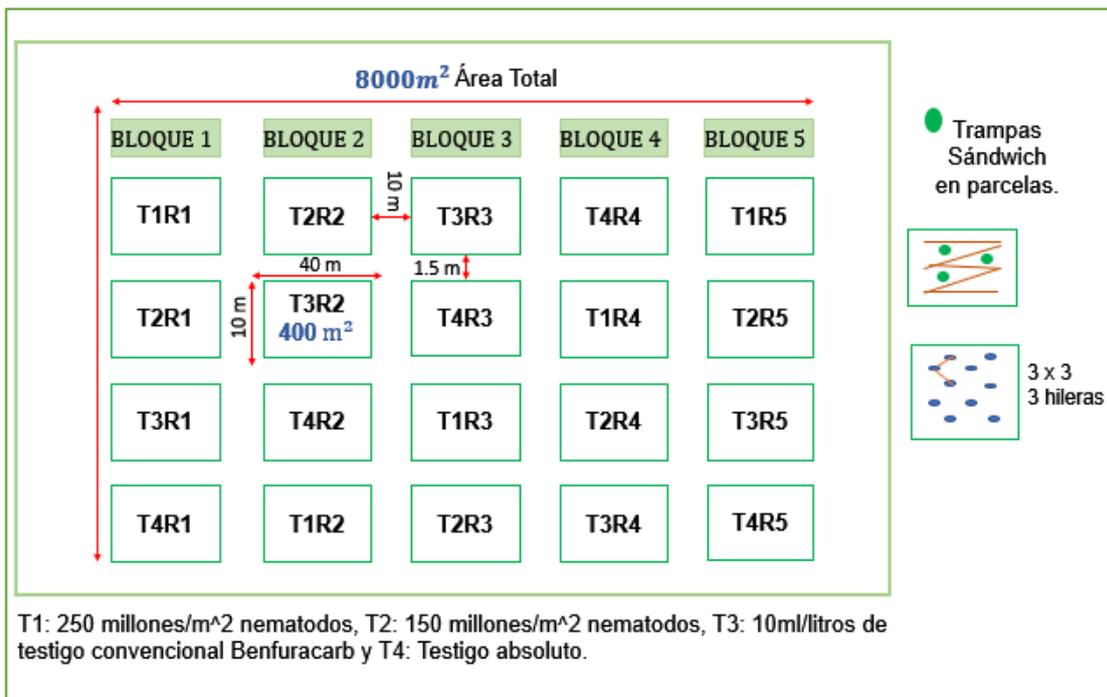


Figura 17. Diseño DCBA en el área de campo.
Suárez, 2023



Figura 18. Diseño DCA en el área de laboratorio.

Suárez, 2023

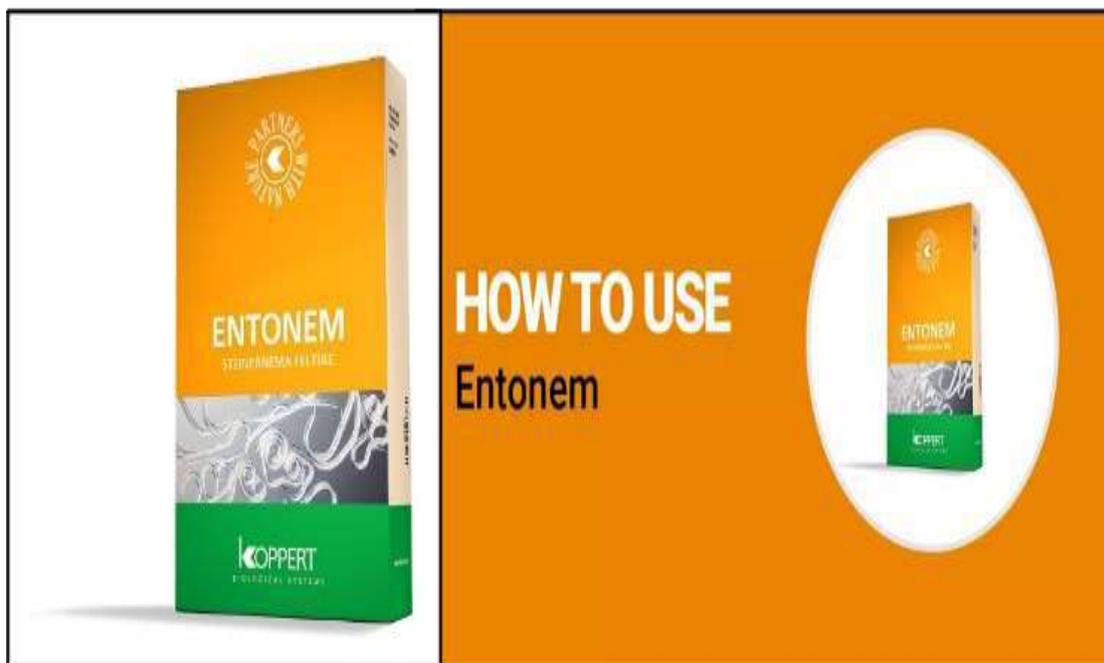


Figura 19. Entonem Nematodos entomopatógenos *Steinernema feltiae*.

Suárez, 2023



Figura 20. Búsqueda de larvas *Steinernema feltiae* en laboratorio.

Suárez, 2023



Figura 21. Incorporación de larvas en frascos con alimento en laboratorio A y B.

Suárez, 2023



Figura 22. Incorporación de dosis de nematodos entomopatógenos en laboratorio. Suárez, 2023



Figura 23. DCA con dosis de nemátodos entomopatógenos en laboratorio A y B. Suárez, 2023



Figura 24. Presencia de nemátodos en larvas de picudo negro A y B.
Suárez, 2023

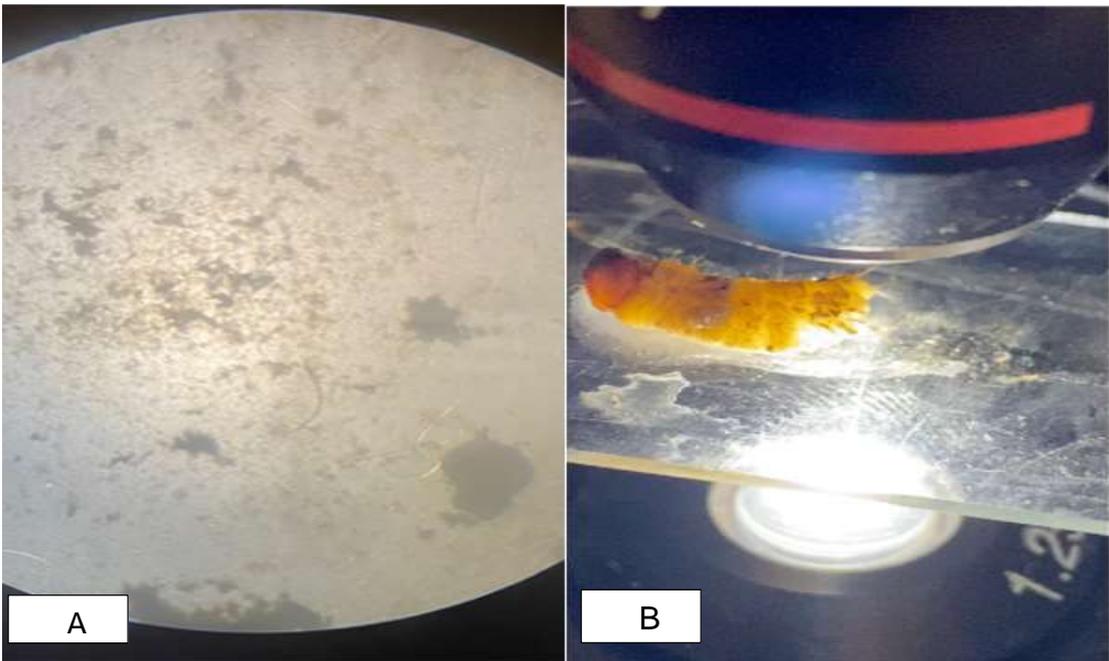


Figura 25. Nemátodo entomopatógeno *Steinerema feltiae* en Larva A y B.
Suárez, 2023



Figura 26. Conteo de larvas muertas en laboratorio.

Suárez, 2023



Figura 27. Supervisión del tutor en laboratorio.

Suárez, 2023

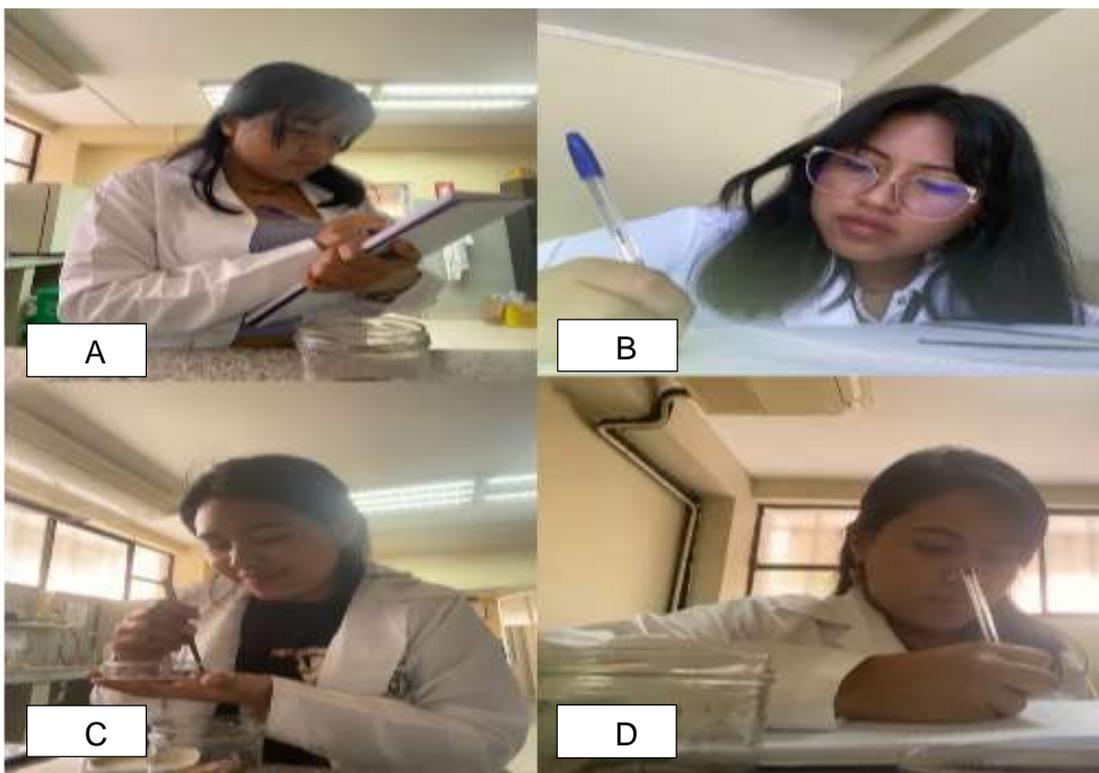


Figura 28. Toma de datos de mortalidad en laboratorio A, B, C y D.

Suárez, 2023



Figura 29. Medición del terreno.

Suárez, 2023



Figura 30. Preparación de trampas en campo A y B.

Suárez, 2023



Figura 31. Recolección de datos antes de la aplicación en campo A y B.

Suárez, 2023



Figura 32. Presencia de *Cosmopolites sordidus* en adultos A y larvas B en trampas.
Suárez, 2023



Figura 33. Aplicación 1° de dosis de NEP en campo A, B y C.
Suárez, 2023



Figura 34. Recolección de datos después de la primera aplicación A, B y C.
Suárez, 2023



Figura 35. Aplicación 2° de NEP en campo A y B.
Suárez, 2023



Figura 36. Visita del tutor en campo A, B, C, D y E.

Suárez, 2023



Figura 37. Recolección de datos después de la segunda aplicación A, B y C.

Suárez, 2023

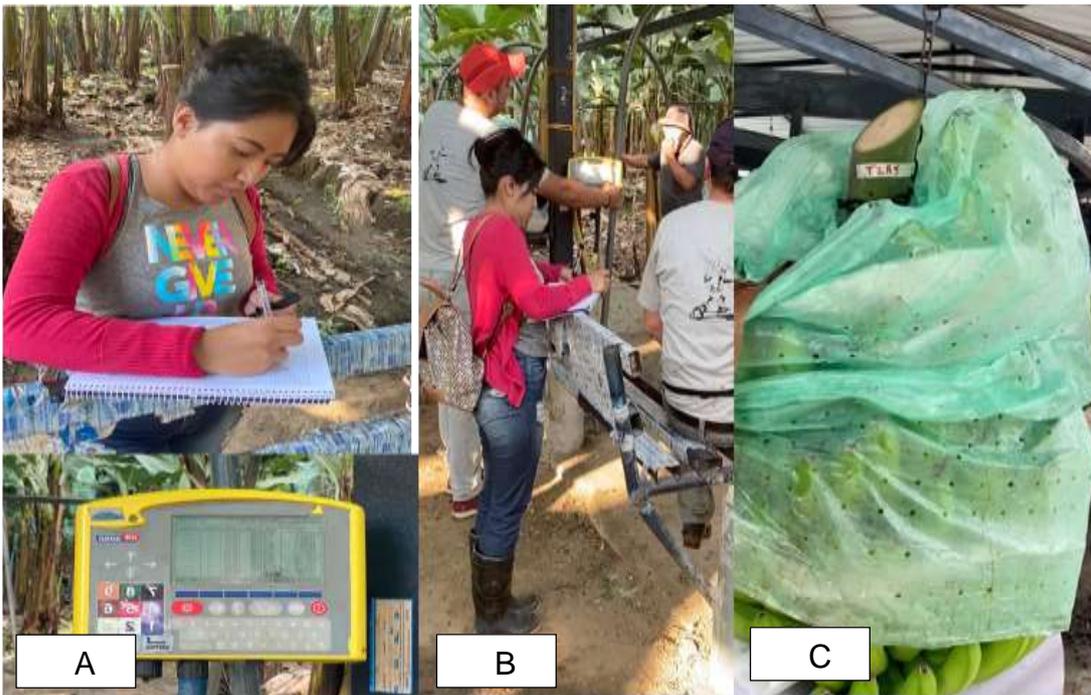


Figura 38. Recolección de datos en el proceso de cosecha A, B y C.

Suárez, 2022