



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE LA

NATURALEZA

CARRERA DE AGRONOMÍA

Comparación de la efectividad de nematocidas químicos y biológicos en

banano, cantón Baba, provincia de Los Ríos

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

AUTOR

Pozo Villalva, Marco

Samborondón – ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE LA

NATURALEZA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO INVESTIGACIÓN

Comparación de efectividad de nematocidas químicos y biológicos en banano,

cantón Baba, provincia de Los Ríos

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

AUTOR

POZO VILLALVA, MARCO

TUTOR

CÉSAR ALCÁCER SANTOS, PH.D.

SAMBORONDON – ECUADOR

2024

ANEXO No. 10

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: **Comparación de efectividad de nematicidas químicos y biológicos en banano**, en la provincia de **Los Ríos** elaborado por **MARCO ANTONIO POZO VILLALVA** fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del **7%**, mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta captura de pantalla de dicho resultado.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

**POZO VILLALVA MARCO ANTONIO
_TFC_19DIC2024**

7%
Textos sospechosos

7% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: POZO VILLALVA MARCO ANTONIO _TFC_19DIC2024.pdf ID del documento: B96cecc61fdc0fffa77a11a3cc3ad27ed2a2561d Tamaño del documento original: 1,03 MB Autores: []	Depositante: CESAR ALCACER SANTOS Fecha de depósito: 17/12/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 17/12/2024	Número de palabras: 13.227 Número de caracteres: 94.821
---	--	--

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

César Alcácer Santos, Ph.D.

18 de diciembre de 2024

ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 18 de diciembre de 2024

Magíster

Érika Ascencio Jordán

Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: **Comparación de efectividad de nematocidas químicos y biológicos en banano , en la provincia de Los Ríos**; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **POZO VILLALVA MARCO ANTONIO** , para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

PhD. César Alcácer Santos

Tutor

Dedicatoria

A Dios por guiarme en todo momento en esta gran etapa que culmino.

A mis compañeros y grupo de clase, pero sobre todo a mi familia.

Mis padres, mis hermanos y mi abuelita, han sido un factor importante en este camino, me han guiado de la mejor manera y alentándome para que logre el objetivo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a mi familia por ayudarme a culminar esta gran etapa de mi vida.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia comparativa de un nematicida químico (Solvigo) y uno biológico (Vigga) en el manejo de los nemátodos fitoparásitos *Radopholus similis* y *Helicotylenchus multicinctus* en plantaciones de banano en el cantón Baba, provincia de Los Ríos, Ecuador. La investigación se llevó a cabo en la finca Las Mercedes, aplicando un diseño completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos: Solvigo, Vigga y un control. Durante seis meses, se evaluaron variables: densidad poblacional de nemátodos, el peso de las raíces funcionales y dañadas, y el peso de los racimos. La metodología incluyó la aplicación de los tratamientos según las dosis recomendadas, seguido de muestreos de raíces y racimos a intervalos definidos. Las muestras de raíces fueron analizadas en laboratorio para determinar la densidad poblacional de nemátodos por género, utilizando técnicas de extracción y conteo microscópico. Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados demostraron que Solvigo fue significativamente más eficaz en la reducción de poblaciones de *R. similis*, registrando una disminución notable en comparación con Vigga y el control. No obstante, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en el manejo de *H. multicinctus*. En el rendimiento del cultivo, ninguno de los tratamientos produjo aumento significativo en el peso de los racimos. Se concluye que Solvigo es una herramienta eficiente para controlar *R. similis*, pero su impacto en la productividad del cultivo es limitado. Se recomienda implementar estrategias de manejo integrado que combinen productos químicos y biológicos con prácticas agronómicas sostenibles para maximizar la salud del suelo y la producción en el largo plazo.

Palabras claves: Vigga, Solvigo, *Radopholus similis*, Raíces, Banano

Abstract

The study aimed to evaluate the comparative efficacy of a chemical nematicide (Solvigo) and a biological nematicide (Vigga) in managing the plant-parasitic nematodes *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multincinctus* in banana plantations located in Baba Canton, Los Ríos Province, Ecuador. The research was conducted at Las Mercedes farm using a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments: Solvigo, Vigga, and a control. Over six months, key variables were assessed, including nematode population density, the weight of functional and damaged roots, and the weight of banana bunches. The methodology involved applying the treatments at recommended doses, followed by systematic sampling of roots and bunches at defined intervals. Root samples were analyzed in the laboratory to determine nematode population density by genus, employing extraction and microscopic counting techniques. Data were processed using Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's test to identify significant differences among treatments. The results revealed that Solvigo was significantly more effective in reducing *R. similis* populations, showing a notable decrease compared to Vigga and the control. However, no significant differences were observed between treatments in the management of *H. multincinctus*. Regarding crop yield, none of the treatments resulted in a significant increase in bunch weight. It is concluded that Solvigo is an efficient tool for controlling *R. similis*, but its impact on crop productivity remains limited. An integrated management approach combining chemical and biological products with sustainable agronomic practices is recommended to enhance soil health and long-term production.

Keyword: Vigga, Solvigo, *Radopholus similis*, Root, Banana

Tabla de contenido

Abstract.....	vi
Tabla de contenido.....	vii
Lista de tabla.....	xi
1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1 Contexto general del estudio	1
1.2 importancia local	2
1.3 identificación del problema	2
1.4 Limitaciones al trabajo.....	3
<i>1.4.1 Variabilidad ambiental.....</i>	<i>3</i>
<i>1.4.2 Respuesta de diferentes especies de nematodos.....</i>	<i>3</i>
<i>1.4.3 Limitaciones de los nematocidas biológicos.....</i>	<i>3</i>
<i>1.4.4 Residencia y persistencia en el suelo</i>	<i>4</i>
<i>1.4.5 Impacto en el ecosistema.....</i>	<i>4</i>
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 Objetivos generales.....	5
1.6.2 Objetivos específicos	5
2. Marco teórico	6
2.1. Marco teórico fundamental	6
2.1.1 <i>El banano</i>	<i>6</i>
2.1.2. <i>Fases del desarrollo</i>	<i>7</i>

2.1.3 Factores que influyen en el crecimiento.....	8
2.2. Marco teórico conceptual.....	9
2.2.1 Origen, Distribución e Importancia.....	9
2.2.2. Clasificación taxonómica del banano	10
2.2.3 Morfología	10
2.2.4 Raíces.....	11
2.2.5. Hojas	11
2.2.6. Inflorescencia.....	12
2.2.7. Fruto	13
2.3. Marco teórico situacional	13
2.3.1. Principales especies de nematodos.....	13
2.3.2. Radopholus similis	15
2.3.3 Helicotylenchus	15
2.4. Marco teórico contextual.....	16
2.4.1 Enfermedades y plagas comunes del banano.....	16
2.4.2 Nemátodos fitoparásitos.....	17
2.4.3. Ciclo de vida y biología de los nematodos.....	19
2.5 Estado del arte.....	20
3. Metodología.....	26
3.1 Introducción a la metodología utilizada.....	26
3.1.2 Material experimental	26
3.1.2.1. Materiales de campo.....	26

3.1.2.2 Tiempo	26
3.1.2.3 Población	26
3.2 Enfoque de la investigación.....	27
3.2.1 Tipo de investigación.....	27
3.2.2 Diseño de investigación.....	27
3.2.3. Tratamientos	27
3.3 Aplicación de los nematicidas químico y biológico	28
3.3.1 Evaluación del nemátodo después de la aplicación	28
3.4 Materiales y métodos del objetivo específico 1.....	28
3.4.1 Método.....	29
3.4.1.1 <i>Densidad poblacional de nemátodos en raíces</i>	29
3.5 Materiales y métodos del objetivo específico 2.....	30
3.5.1 Método	31
3.5.1.1 Muestreo de raíces en banano	31
3.5.1.1 Número de raíces funcionales	31
3.5.1.2. Peso de raíces atacadas por nemátodos	31
3.5.1.3 Peso de raíces funcionales	31
3.6 Materiales y métodos del objetivo específico 3.....	32
3.6.1. Método	32
3.6.1.1 <i>Peso de racimos</i>	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34

4.1	Determinar la eficacia de control de los nematicidas químico y biológico en el control de nematodos en banano.....	34
4.2	Comprobar el efecto de los nematicidas Sovigo (químico) y Vigga (biológico) en la sanidad radical del banano.....	37
4.3	Evaluar el efecto de la aplicación de nematicidas en el rendimiento del cultivo de banano.....	41
5.	CONCLUSIONES.....	42
6.	Recomendaciones.....	43
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	44

Lista de tabla

Tabla 1. Anova del análisis de varianza	27
Tabla 2. Descripción de los tratamientos	27
Tabla 3. Análisis de la varianza de la población de Radopholus similis en 100 g raíces	34
Tabla 4. Prueba de rangos múltiples de la población de Radopholus similis en 100 g raíces	35
Tabla 5. Análisis de la varianza de la población de Helicotylenchus multicinctus en 100 g raíces	36
Tabla 6. Análisis de la varianza del peso de raíces sanas de banano	37
Tabla 7. Análisis de la varianza del peso de raíces dañadas por nemátodos de banano	38
Tabla 8. Prueba de rangos múltiples del peso de raíces dañadas por nemátodos de banano	39
Tabla 9. Análisis de la varianza del peso de raíces totales de banano	40
Tabla 10. Análisis de la varianza del peso de racimo en kg	41

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

1.1 Contexto general del estudio

El cultivo del banano (*Musa spp.*) se enfrenta a numerosos desafíos fitosanitarios, entre los cuales destacan los nematodos fitoparásitos, organismos microscópicos, que, al alimentarse de las raíces, provocan una disminución en la absorción de nutrientes y agua, lo que resulta en una reducción del crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas (Azlay et al., 2024; Özarıslan et al., 2020). Entre las especies de nematodos más perjudiciales para el banano se encuentra *Radopholus similis* (Mackliff, 2012).

El control de nematodos en cultivos de banano se ha basado en el uso de nematicidas químicos de amplio espectro (Taha et al., 2020). Sin embargo, la aplicación indiscriminada de estos productos ha generado problemas ambientales y de salud, además de favorecer el desarrollo de poblaciones resistentes de nematodos (Abd-Elrahman et al., 2024; Nhung, 2023). Ante esta problemática, se ha incrementado el interés por el desarrollo de estrategias de manejo más sostenibles, como el uso de nematicidas biológicos (Kinalwa, 2023).

Los nematicidas biológicos son productos basados en microorganismos benéficos que pueden controlar las poblaciones de nematodos a través de diversos mecanismos, como la competencia por nutrientes, la producción de sustancias antimicrobianas y la parasitación directa de los nematodos (Abd-Elrahman et al., 2024; Kinalwa, 2023; Priyadarshan, 2023).

El uso de estos productos ofrece varias ventajas, como una mayor selectividad, menor impacto ambiental y la posibilidad de integrarlas en sistemas de producción agroecológicos (Kinalwa, 2023). La presente investigación tiene como objetivo evaluar la eficacia de diferentes nematicidas, tanto químicos como biológicos, en el control de *Radopholus similis* en cultivos de

banano. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan a generar información relevante para la toma de decisiones en el manejo integrado de plagas en banano, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente

1.2 importancia local

La producción bananera ecuatoriana se encuentra actualmente sujeta a presiones económicas significativas, caracterizadas por una sobreoferta y una disminución en los precios de venta. Este escenario ha generado una mayor susceptibilidad de los cultivos a patógenos, entre los que destacan la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y los nematodos fitoparásitos. Entre estos últimos, géneros como *Radopholus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* se han identificado como los principales agentes etiológicos en las plantaciones bananeras ecuatorianas (Chaves et al., 2019; Tomalá, 2024).

1.3 identificación del problema

La dificultad inherente a la identificación precisa de los síntomas causados por nematodos en cultivos perennes, como el banano, representa un desafío diagnóstico considerable. La sintomatología inespecífica de estas infecciones a menudo conduce a confusiones con otras plagas, particularmente insectos, lo que ha resultado en la aplicación indiscriminada de plaguicidas.

Esta práctica, además de ser ineficiente para el control de nematodos, ha generado problemas de resistencia en las poblaciones de plagas y ha tenido un impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana.

1.4 Limitaciones al trabajo

1.4.1 Variabilidad ambiental

La efectividad de los nematicidas, ya sean químicos o biológicos, puede verse fuertemente influenciada por las condiciones ambientales en las que se aplica. Factores como la temperatura, la humedad y las características del suelo afectan directamente la actividad de los productos aplicados, dificultando la estandarización de resultados entre diferentes regiones o temporadas. Además, los cambios climáticos durante el período de ensayo pueden alterar tanto el desarrollo de los nematodos como la acción de los nematicidas, generando resultados variables y poco consistentes (Mora et al., 2020).

1.4.2 Respuesta de diferentes especies de nematodos

Los nematodos que afectan al banano incluyen especies como *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus* y *Meloidogyne* spp., las cuales presentan diferencias en su sensibilidad a los tratamientos nematicidas (Dassou et al., 2024). Estas variaciones complican la comparación directa entre los productos, especialmente en casos donde ocurren infestaciones mixtas. Aislado cada especie, sería posible determinar respuestas específicas, pero esto representa un reto logístico en estudios a campo abierto (Li et al., 2024).

1.4.3 Limitaciones de los nematicidas biológicos

Los nematicidas biológicos presentan limitaciones inherentes en comparación con sus contrapartes químicas, en primer lugar, su acción tiende a ser más lenta, lo que puede generar la percepción de menor eficacia en el corto plazo. Además, estos productos son sensibles a condiciones ambientales adversas, como la exposición a altas temperaturas, radiación UV o

sequedad extrema, reduciendo su efectividad en ciertas circunstancias (Castro, & Saa, 2021; Miranda et al., 2024).

1.4.4 Residencia y persistencia en el suelo

Una de las principales diferencias entre los nematicidas químicos y biológicos radica en su residencia y persistencia en el suelo. Mientras que los productos químicos suelen tener un efecto prolongado, los biológicos requieren aplicaciones más frecuentes debido a su menor estabilidad en el ambiente (Solis & Goyes, 2023). Esto puede incrementar los costos y dificultar su adopción en sistemas agrícolas de bajos recursos (Andrade, 2022).

1.4.5 Impacto en el ecosistema

El uso de nematicidas químicos puede tener efectos secundarios significativos sobre organismos no objetivo, como otros microorganismos del suelo esenciales para la salud del ecosistema agrícola. En contraste, los nematicidas biológicos suelen ser más específicos, pero su interacción con el microbiota del suelo podría generar cambios inesperados que influyan tanto en la productividad del banano como en la aparición de nuevas plagas (Torres, 2023).

1.5 Justificación

Los nematodos fitoparásitos representan una amenaza significativa para la producción bananera a nivel mundial, estos organismos causan daños severos a las raíces, afectando la absorción de nutrientes y agua, lo que se traduce en una disminución del crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas (Cue, 2018; Bartholomew et al., 2014). El uso indiscriminado de nematicidas químicos ha sido la práctica tradicional para controlar estas plagas, sin embargo, esta estrategia ha generado problemas ambientales y de salud, además

de favorecer el desarrollo de poblaciones resistentes de nematodos. Ante este escenario, es necesario explorar alternativas más sostenibles y eficaces para el manejo de nematodos en cultivos de banano (Kinalwa, 2023).

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar y comparar la eficacia de nematicidas químicos y biológicos en el control de nematodos en cultivos de banano. Se busca determinar cuál de estas alternativas ofrece un mejor control de las poblaciones de nematodos, sin comprometer la salud de las plantas ni el medio ambiente. Además, se analizará el impacto de los diferentes tratamientos en la producción de la planta y en la calidad del fruto, con el fin de identificar aquellos que permitan obtener mayores rendimientos y frutos de mejor calidad.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivos generales

Evaluar y comparar la eficacia de nematicidas químicos y biológicos en el control de nematodos en el cultivo de banano.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar la eficacia de control del nematicida químico y biológico en el control de nematodos en banano.
- Comprobar el efecto de los nematicidas Sovigo (químico) y Vigga (biológico) en la sanidad radical del banano.
- Evaluar el efecto de la aplicación de nematicidas en el rendimiento del cultivo de banano.

2. Marco teórico

2.1. Marco teórico fundamental

2.1.1 *El banano*

El banano es una planta herbácea efímera que alcanza de 4 a 7 m de altura, lo que se obtiene por la combinación de los tres tipos de ramas: el tallo, la lámina foliar y el pedúnculo; la lámina foliar es de forma alargada y de gran tamaño de 20 cm de ancho por dos m de largo y las hojas tienen cinco nervaduras que se observan de color verde intenso (Barrezueta-Unda et al., 2022).

Durante el desarrollo completo de la planta, el periodo vegetativo comprende desde la formación de la planta hasta la inducción de la floración, que dura 9 meses, y el pardeamiento que dura aproximadamente 11-12 semanas, probablemente dependiente de la temperatura, sin embargo, recordemos que el factor es variable e independiente del grupo para el que dio origen al plátano (de Oliveira et al., 2024; Martínez & Carvajal, 2023).

Las características principales son las siguientes: el incremento de la velocidad de elongación del tallo principal, el incremento de la longitud del limbo y la formación de los órganos florales.

Las características vegetativas cambian solo en la velocidad de elongación de los tallos y del limbo después del fijamiento de las inflorescencias, por lo cual la característica más utilizada para medir el desarrollo vegetativo es la altura de la planta o, más práctico, de las hojas o canastas, sin embargo, la formación de los órganos relacionados con las inflorescencias, como las brácteas y la forma cónica del pedúnculo, tiene gran importancia

porque permite la identificación visual de los grupos y variedades en forma previa a la formación de las yemas fértiles (Fariño et al., 2024).

2.1.2. Fases del desarrollo

El fruto alcanza la madurez en alrededor de 120 días después de la floración. El desarrollo del fruto de banano consta de tres etapas claramente diferenciadas: iniciación y desarrollo del ovario (60-80 días), que en algunas variedades es más corto; polinización, si se realiza, cuando el ovario tiene 0,3-3 cm de longitud y la parte superior de la inflorescencia se ha dividido; formación de los delgados dedos, que comienza después del término de la 1ª y 2ª fase (Montúfar et al., 2023).

La formación del ovario está asociada al desarrollo de la hoja protectora externa o bráctea, que parte del primordio de otra hoja, esta forma dos escudos volcados al interior del raquis, que protegerá, entonces, mediante un proceso deshiscente, la joven flor de muy baja eficacia y anátropas. Suelen degenerarse todos los que quedan fertilizados (Barrezueta-Unda et al., 2022).

El ovario queda protegido antes de las heladas, lo cual protege a la inflorescencia del excesivo calor diurno en las zonas muy cálidas y ayuda a controlar la erosión debida a las continuas lluvias torrenciales, el ovario de banano es protegido debido al desarrollo de venación muy cerrada, por la cerradura del borde de la lámina y deformación de las hojas (Guapo & Ferreira, 2022; Barrezueta-Unda et al., 2022; Montúfar et al., 2023).

Toda la inflorescencia, y con ellas los ovarios, son protegidos por manojos de brácteas que recubren y sellan con la textura pilosa el óvulo en desarrollo. Completamente cerrados de

paso y resistencia al zumbido de los insectos, las sépalas de la flor abierta sufren la misma alteración para que quede el ovario completamente protegido (Guzmán-Álvarez et al., 2022).

2.1.3 Factores que influyen en el crecimiento

Extractos de suelos ricos en materia orgánica muestran inhibir el crecimiento de los bananos cultivados en estos. En los alrededores, la planta de "boyaca" crece rápidamente, mientras el banano se mantiene pequeño y fino.

Se propone que, al parecer, este fenómeno se debe probablemente a que en el suelo rico en materia orgánica existe un bajo porcentaje de oxígeno; por consiguiente, se está impidiendo la respiración de la raíz.

Se hicieron ensayos de respuesta a la adición de N, K, Ca y la eliminación del CO₂, Hemos hallado que las hojas adquieren un aspecto glauco y comienzan a morir a comienzos del invierno. La hoja, al secarse, se pone marrón (Villaseñor et al., 2022).

Si N y K están abundantemente disponibles, este factor permanentemente influirá en el desarrollo del vástago. Es posible que K estimule directamente el desarrollo del tallo de la planta. La sequedad del suelo impide la absorción suficiente de K y causa la asepsia de la punta, donde la actividad metabólica declina porque allí no fluye la savia cruda que contiene los nutrientes necesarios (Roman et al., 2023).

En este caso, hay que suprimir el crecimiento de las hojas mamonas de este vástago, con lo cual disminuirá la demanda de K, ya que estos tejidos requieren un grado de calor y luz bajo que provoca la marchitez temporalmente de las futuras hojas de la corona. Sin embargo,

después de ocurrido el desarrollo de estas hojas mamonas o de suprimirlas, aún persiste el daño por deficiencia de K (Villaseñor et al., 2022; Roman et al., 2023).

2.2. Marco teórico conceptual

2.2.1 Origen, Distribución e Importancia

El banano fue originario del sudeste asiático, este cultivo (*Musa sp.*) ha sido objeto de una larga historia de domesticación y dispersión geográfica, asociada a las migraciones humanas y a las rutas comerciales, centros secundarios de diversidad en África sugieren procesos de domesticación independientes o introducciones tempranas. La expansión del cultivo del banano a lo largo de los continentes, desde Asia hasta América y África, ha sido fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de numerosas regiones (Acón-Ho et al., 2013; Amaya et al., 2018).

Ecuador es un destacado productor de bananos, principalmente de la variedad AAA. Este cultivar presenta un sistema radicular característico, compuesto por raíces primarias que penetran en profundidad y raíces secundarias más superficiales, adaptadas a la absorción de nutrientes y agua cercanos a la superficie (Ortega et al., 2010; Salvador-Adriano et al., 2022).

Ortega & Puerro, (2024) menciona que, el pseudotallo, una estructura aérea falsa, se desarrolla a partir de la superposición de las bases foliares que emergen del cormo subterráneo. Esta disposición anatómica facilita la distribución de fotoasimilados entre las raíces, hojas y frutos, permitiendo el desarrollo de racimos que pueden alcanzar hasta 75 kg.

Lima (2024) destaca que, las hojas, de gran tamaño y morfología elongada y ovalada, cumplen un papel fundamental en la fotosíntesis y la transpiración. Su senescencia, es decir, su

muerte y abscisión, es un proceso ordenado y relacionado con la edad de la planta, precediendo a la emergencia de la inflorescencia.

La importancia económica del cultivo de banano radica en la producción de sus frutos. En Ecuador, el banano representa el segundo sector más relevante de la economía. Sus frutos, ricos en vitaminas, minerales y especialmente potasio.

2.2.2. Clasificación taxonómica del banano

Según Ploetz (2024), la clasificación taxonómica del banano es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *acuminata*

2.2.3 Morfología

El banano, una imponente monocotiledónea, puede elevarse hasta 6 metros de altura. Su peculiar estructura, caracterizada por un pseudotallo formado por la superposición de bases foliares engrosadas, le confiere un aspecto de falso tronco, adaptación evolutiva permite un rápido crecimiento en condiciones tropicales, donde las temperaturas cálidas y la humedad constante favorecen el desarrollo vegetativo (Miah et al., 2023).

2.2.4 Raíces

El sistema radical del banano, una compleja red de raíces primarias, secundarias y terciarias, es fundamental para su supervivencia y desarrollo, estas raíces, especialmente adaptadas a condiciones tropicales, penetran profundamente en el suelo, proporcionando un sólido anclaje a la planta y facilitando la absorción de agua y nutrientes esenciales para su crecimiento. La morfología y extensión del sistema radicular del banano varían en función de las características del suelo (León, 2024).

En suelos ligeros, como los francos arenosos, las raíces pueden alcanzar longitudes superiores a los 3 metros, explorando grandes volúmenes de suelo en busca de recursos, en contraste, en suelos más pesados y compactos, el crecimiento radicular suele ser más restringido, lo que puede limitar el acceso a nutrientes y agua, afectando así el vigor y la productividad de la planta (Lima et al., 2024; León, 2023).

2.2.5. Hojas

Los pecíolos y el nervio central son uno de los elementos sobresalientes de la hoja, aunque estos sufren alteraciones morfológicas en la variada tipología de bananos, lo que puede complicar las comparaciones al trabajar con ejemplares diferentes (Sandoval & Muller, 1999).

Se pueden observar pecas proyectadas hacia adelante desde el borde del tejido laminar que está sobre el nervio central, se proyectan desde el margen hacia el haz son proyecciones peciolares y reciben el nombre de hipecelares; son más cortas o casi siempre cortas (Yáñez et al, 2020).

A su vez, las pecas que salen desde el margen hacia la superficie del envés de la hoja son las mesocelulares, siempre son más largas que las hipecelares y algunas se extienden hasta el pecíolo, estas se consideran foliares a estas últimas y tienen el nombre de foliomenca (Aguilar-Ancota et al., 2021).

2.2.6. Inflorescencia

La planta del banano posee unos botones florales de manera que una inflorescencia escondida denominada "corazón", compuesta por series de flores masculinas, pero el número de pistilos ya está determinado desde antes del nacimiento del cacho, la yema de la flor que produce el racimo, las flores son importantes a efectos de reproducción, ya que de ellas se obtendrá el fruto, en cuyo interior habrá semillas, las cuales se producen tras un complejo fenómeno de transformación que, de manera general, se llama desarrollo (Oquendo, 2024).

La inflorescencia de todas las variedades de banano es "cimosa", con un grupo de flores femeninas que darán lugar a una mano que queda cubierta por las numerosas brácteas de las flores masculinas.

La mayoría de las brácteas intermedias o superiores, más que para cubrir a la mano abierta de fruto, sirven para dar un desarrollo al soporte del cacho que se denomina pedúnculo. Después de la pluviometría, el desarrollo en la producción de banano corresponde en un 90-95% a lo mencionado anteriormente, con procesos que involucran desde la célula hasta un conjunto de células como tejido y a conjuntos de tejidos como órgano: tierra (1%), luz (sin ella se producirá guárico en la etapa de emisión de brotes y posteriormente aparecerán enfermedades poco importantes respecto a otras fases (Domingues-Lima et al., 2022).

2.2.7. Fruto

La calidad del fruto del banano es un resultado directo de las prácticas culturales y las condiciones ambientales durante su desarrollo. Factores como la variedad, el clima, el suelo y la fertilización influyen en características como el tamaño, la forma, el color, la textura y el sabor del fruto. Un manejo adecuado del cultivo garantiza una producción de bananos de alta calidad, con una vida útil prolongada y un sabor dulce y agradable (Lima et al., 2023).

2.3. Marco teórico situacional

2.3.1. Principales especies de nematodos

Especies que afectan al cultivo de banano en el país con sus respectivas zonas de acción: *Helicotylenchus multicinctus*: El rango de pH en el cual el nematodo puede desarrollarse se halla entre 4 y 8, aunque prefiere suelos ligeramente ácidos (Vélez & Álvarez, 2024).

A rangos mayores de pH su reproducción disminuye. Afecta principalmente los bananos en sus diferentes variedades, las plántulas son sensibles, y particularmente las madres a temperaturas más elevadas. Los síntomas de ataque de este nematodo se manifiestan por el agostamiento de las plantas de banano, sintiéndose débiles y como si no tuvieran suficiente alimento, presentando también una falta de desarrollo evidente (Holguín et al., 2023).

Los estudios indican que el área de mínima densidad poblacional, para evitar pérdidas económicas, se fijó en 10000 nematodos en 100 g de raíces para el caso de *Radopholus*, ya que después de varios estudios realizados se comprobó que, en suelos con una densidad poblacional inferior a la mencionada, el nematodo estaba presente, y su daño no es suficiente para afectar el desarrollo del banano (Tomalá, 2024).

Las plantas parasitadas por nematodos son típicamente más pequeñas que las sanas, los síntomas se manifiestan generalmente por un amarillamiento no acentuado del follaje, que son menos vigorosos y más susceptibles al viento, produciéndose con el mismo, un rápido desnaturalización del grupo de las hojas y quedando el racimo solo sostenido (Vélez & Álvarez, 2024).

Se ha mencionado algunos productos para el control de nematodos, como los productos y subproductos de la ceniza, algunos aceites elaborados a partir de girasol, el sulfato de amonio a las 2 t/h, entre otros (Lalvay et al., 2023).

Radopholus similis los síntomas de ataque en racimo son visibles desde la entrada en fructificación de la yema floral emergente, hasta etapas muy tardías de desarrollo del racimo, presentándose en forma de maduración adelantada y se ha reportado que los frutos maduros no se deforman, al igual que no se rompen (Monge, 2024).

Existen diferentes tratamientos generales para controlar, reducir poblaciones y evitar el ataque nematológico, dentro de estos están realizar aspersiones con sulfato de calcio al 1 %, sulfato de cobre al 2 % y fungicidas con fósforo orgánico y cobalto al 1-2 % (Sousa et al., 2024).

Al presentarse el ataque de los nematodos en las raíces del banano, las plantas manifiestan una serie de síntomas, los cuales son muy parecidos a los síntomas que producen deficiencia de sustancias nutritivas.

Estos síntomas son decoloraciones o necrosis que van apareciendo en diferentes partes de las hojas, las cuales indican la deficiencia de un nutriente; a su vez, el síntoma que manifiesta un nutriente deficiente es del mismo color que asume dicho nutriente. Por ejemplo, si

la planta manifiesta un color amarillo en una o varias de sus hojas, esto indica la falta de nitrógeno, el cual también es de color amarillo (Bravo, & Zambrano, 2024).

A continuación, se observarán los síntomas que se reflejan en las plantas de banano., síntomas de ataque de nematodos en las plantas de banano: deformaciones en hojas en ondas, necrosis en el margen de la hoja, decoloración en hojas jóvenes, crecimiento poco vigoroso, pequeñas manchas necróticas o pardo amarillentas en ambos lados de la hoja (Tomalá, 2024).

2.3.2. *Radopholus similis*

Los nematodos *Radopholus* presentan dimorfismo sexual. Los machos, de menor tamaño (0,50-0,70 mm), poseen un estilete prominente y una espícula copuladora. Las hembras, más grandes (0.50-0.88 mm), tienen un estilete más desarrollado y son capaces de reproducción sexual y asexual, depositando hasta cinco huevos diarios (Monge, 2024).

El ciclo de vida de *Radopholus*, un nematodo fitoparásito, se divide en tres etapas principales: huevo, juvenil y adulto. Este último se subdivide en cuatro estadios juveniles (J1, J2, J3 y J4). Esta compleja secuencia de desarrollo, junto con su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, convierte a este nematodo en una plaga agrícola de gran importancia, causando daños significativos a los cultivos (Tomalá, 2024).

2.3.3 *Helicotylenchus*

El nemátodo espiral, *Helicotylenchus multicinctus*, es una plaga común en plantaciones de banano, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. Aunque a menudo se encuentra junto al nemátodo barrenador (*Radopholus similis*), su impacto puede ser más

significativo en áreas donde este último es menos abundante (Vélez y Alvarez, 2024; Tomalá, 2024; Bravo, & Zambrano, 2024).

Helicotylenchus multicinctus causa lesiones necróticas en las raíces del banano, afectando principalmente la corteza externa. Estas lesiones, aunque más superficiales y de desarrollo más lento que las causadas por otros nematodos como *Radopholus similis*, pueden extenderse a las raíces primarias y, en casos severos, incluso al cormo (Bravo, & Zambrano, 2024).

Las consecuencias de estas lesiones incluyen una reducción en la absorción de agua y nutrientes, lo que debilita la planta y la hace más susceptible a otras enfermedades. Además, la presencia de heridas facilita la entrada de otros patógenos, agravando aún más los daños. Para el manejo efectivo de este nematodo, es fundamental realizar un diagnóstico preciso y aplicar estrategias de control integradas, que incluyan tanto medidas culturales como el uso de productos biológicos y químicos (Vélez y Alvarez, 2024; Tomalá, 2024).

2.4. Marco teórico contextual

2.4.1 Enfermedades y plagas comunes del banano

Los nematodos del género *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* causan necrosis en las raíces. *Meloidogyne incognita*, conocida comúnmente como nematodo colorado, ataca las raíces, impidiendo la absorción de los nutrientes, generalmente, es confundido con un proceso de pudrición debido a que los síntomas iniciales son similares (Morel, et al., 2021).

2.4.2 Nemátodos fitoparásitos

Absorben alimento mediante el cuerpo en forma de cono, que penetra las células y extrae su contenido. La mayoría de las especies, si no son de vida libre, absorben los nutrientes desde las raíces, donde causan alteración en los tejidos. Entre los géneros que incluyen especies que viven en parásitas están los géneros *Meloidogyne*, *Tylenchulus*, *Radopholus* y *Pratylenchus* (Miranda et al., 2024).

Los nemátodos son microorganismos redondos, con un cuerpo bilateral, generalmente largo y delgado, en algunas especies cilíndrico, están separados del medio externo por una cutícula protectora sobre la que existen nervios sensoriales.

El cuerpo de un nematodo contiene tres cavidades principales:

La cavidad pseudocelómica corporal, la que se denomina celoma; la cavidad pseudocelómica anterior que se llama cavidad, y tienen el sistema digestivo que se encuentra alopado, su función principal en el sistema digestivo es la absorción de los nutrientes desde el medio ambiente y su distribución a todas las partes de la célula (Sáez et al., 2022).

Por su aparente simplicidad, la variabilidad es considerable, e incluso el sistema nervioso puede faltar. Los órganos sensoriales son escasos, pero se ha observado una sensibilidad quimiosensorial ante agentes quimiotrópicos en fase invertida alternantes (Vélez & Álvarez, 2024).

La reproducción es sexual, a excepción de algunos denominados partenogénéticos; las paredes forman capullos en los que se hallan los huevos y los jóvenes no se individualizan.

Los nematodos fitoparásitos, a pesar de su pequeño tamaño, son organismos muy complejos que presentan una gran diversidad de formas y tamaños. Estos gusanos microscópicos, ubicuos en el suelo, se alimentan de las raíces de las plantas, causando daños que pueden afectar significativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Sánchez-Monge, 2024).

La alimentación de los nemátodos fitoparásitos en las raíces de las plantas provoca una serie de alteraciones fisiológicas. Al establecerse en los tejidos radiculares, estos organismos dañan los vasos conductores y liberan sustancias tóxicas que afectan el crecimiento y desarrollo de la planta. La formación de agallas, estructuras anormales en las raíces, es una respuesta de la planta a la infección por nematodos, pero también representa una pérdida de energía y nutrientes para la planta (Vélez, & Álvarez, 2024).

Estos nemátodos fitoparásitos varían en longitud, oscilando entre 300 y 1000 μm . Las hembras de diversos géneros experimentan una transformación morfológica al madurar, adoptando formas que pueden ser esféricas o en forma de riñón (Plozt, 2024).

Su detección en campo resulta desafiante, ya que se distinguen de otros nemátodos que se alimentan de bacterias y hongos debido a su carencia de una estructura de alimentación especializada conocida como estilete, la cual es utilizada para la inyección de enzimas en las células vegetales y tejidos, seguida de la extracción del contenido celular (Miranda, 2024).

Las hembras poseen uno o dos ovarios, útero, vagina, vulva y una o dos esperáticas, donde almacenan el esperma. Los machos se caracterizan por la presencia de un órgano copulador en la parte posterior de sus cuerpos (Cedeño, 2024).

En las plantaciones de banano, los nemátodos (*Radopholus* y *Helicotylenchus*) de mayor importancia, y se alimentan externamente en la epidermis de las raíces, provocando daños que están relacionado con la cantidad relativa de nemátodos presentes en el suelo o en las raíces (Tomalá, 2024).

2.4.3. Ciclo de vida y biología de los nematodos

Es importante, en el caso de un nematodo patógeno de plantas, que las raíces estén presentes. Típicamente, la ecología de los nematodos es variable entre las especies, en general, los nematodos fitoparásitos presentan unos pocos días de vida libre y el ciclo de vida es corto (Tomalá, 2024).

En cada fase larvaria, los nematodos poseen una cubierta que los protege contra la desecación, moviéndose por los espacios interparticulares o formando películas alrededor de pequeñas partículas minerales del suelo.

En algunos casos, también tienen facilidad para migrar activamente sobre la superficie de las raíces. Los nematodos hematófagos, o los que toman alimentos solo de una célula o unas pocas células vecinas, pican con su aparato bucal o estilete con el que inyectan sustancias que destruyen la célula y permiten su absorción.

Una característica general de las poblaciones de nematodos fitoparásitos es su heterogeneidad espacial y, en particular, su agregación, los nematodos presentan una característica vital que obedece al “trade-off” entre dos fuerzas opuestas: la que orienta un comportamiento tipo K estratégico, es decir, crecimiento con escaso valor K que permite asegurar una tasa de reproducción elevada, y la que orienta el comportamiento tipo r

estratégico de máxima colonización de amplio nicho ecológico de manera “indiferente” por la supervivencia de la progenie (Ploetz, 2024).

Por un lado, cuanto mayor sea el número reproductivo de los huevos, más exitoso será el fitonematoide. Por otro lado, a mayor número de polifagia, mayor probabilidad de encuentro con el hospedero y menor probabilidad de extinción poblacional cuando el hospedero natural no está presente. Los nematodos fitoparásitos han evolucionado para poder completar su ciclo biológico a pesar de la defensa que opone el hospedero (Nhung, 2024).

2.5 Estado del arte

Tomalá en el 2024 menciona que, en el cultivo del banano, es fundamental identificar diferentes géneros de nemátodos basados en sus características morfológicas y que los géneros predominantes que afectan el sistema radical de la planta son *Helicotylenchus multicinctus*, *M. incognita* y *R. similis*.

Las plantas afectadas con poblaciones de 10000 *R. similis* tienen un sistema radical reducido, lo que obstruye la transmisión vascular de agua y nutrientes, lo que resulta en un crecimiento pobre, un tamaño y número de hojas reducidos, una defoliación temprana y frutos más pequeños (Rakubu et al., 2024).

Los fitonemátodos atacan y se alimentan de las células externas de la corteza de la raíz, provocando lesiones y que, con la interacción entre hongos, bacterias provocan daños necróticos. Las lesiones radicales causadas por *H. multicinctus* se desarrollan más lentamente que las causadas por *R. similis*. Por otro lado, las lesiones en las raíces primarias son superficiales, pequeñas y con muchas líneas de color rojizo a negro; sin embargo, también en las infestaciones intensas estas lesiones pueden encontrarse en el cormo (Medina, 2020).

A nivel mundial, la lucha contra los nematodos en cultivos de banano ha generado un interés considerable en la comparación entre nematicidas químicos y orgánicos. Los nematicidas químicos como el oxamilo y el fenamifos han sido ampliamente utilizados en diversos países debido a su efectividad inmediata para reducir poblaciones de nematodos, como *Radopholus similis* y *Meloidogyne incognita* (Tran & Quoc, 2024; Dassou, 2024).

No obstante, las preocupaciones sobre el impacto ambiental y la resistencia a largo plazo han fomentado la investigación sobre alternativas orgánicas. Por ejemplo, un estudio realizado en India reveló que los extractos de neem y productos basados en hongos como *Trichoderma* spp. redujeron las poblaciones de nematodos de manera similar a los productos químicos, aunque con una velocidad de acción más lenta (Pun et al., 2024; Tran & Quoc, 2024).

En África, donde los nematodos han causado graves pérdidas en las plantaciones de banano, se han evaluado diferentes métodos de control. Un estudio en Uganda mostró que el uso de extractos vegetales combinados con fertilización orgánica mejoró la salud del suelo y redujo significativamente la presencia de *R. similis*, en comparación con el uso de nematicidas sintéticos (Rakubu et al., 2024).

En Asia, particularmente en Filipinas, se han realizado ensayos con biocontroladores microbianos para reducir el uso de productos químicos. Se encontró que los productos biológicos basados en hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* pueden controlar eficazmente a los nematodos cuando se combinan con prácticas de manejo integrado, lo que sugiere un enfoque sostenible para el manejo de nematodos en banano (Guzmán-Hernández et al., 2022).

En América Latina, la preocupación por la eficacia y sostenibilidad de los nematicidas ha llevado a estudios comparativos que abordan tanto las ventajas como las limitaciones de los métodos químicos y biológicos. En Colombia, por ejemplo, investigaciones recientes han evaluado la efectividad de Solvigo, un nematicida químico, en la reducción de *M. incognita* y *R. similis*. (Bravo & Zambrano, 2024).

Los resultados mostraron una reducción significativa en las poblaciones de nematodos y una mejora en el rendimiento del banano, en comparación con alternativas orgánicas basadas en *Bacillus* spp. (Blanco-Pérez et al., 2020). Sin embargo, los productos biológicos demostraron ser menos efectivos en cuanto al control inmediato, aunque contribuyeron a mejorar la salud del suelo a largo plazo.

En Brasil, se ha explorado el uso de extractos vegetales y hongos antagonistas para el control de nematodos en plantaciones de plátano y banano. Los estudios sugieren que los nematicidas orgánicos, como aquellos basados en *Trichoderma* spp. y *Paecilomyces lilacinum*, son efectivos en el control de nematodos, pero requieren aplicaciones más frecuentes y un manejo agronómico más intensivo para obtener resultados comparables a los nematicidas sintéticos (da Silva et al., 2022).

En México, los productos orgánicos han mostrado un desempeño prometedor, pero al igual que en otros países, su efectividad es menor cuando se comparan con productos químicos como el oxamilo y el fenamifos (García-Perera et al., 2019).

En América Central, los productores de banano en Costa Rica y Panamá han experimentado con productos biológicos y químicos. Los estudios han demostrado que, aunque los nematicidas orgánicos como el neem y los hongos entomopatógenos pueden reducir las

poblaciones de nematodos, los productos químicos siguen siendo preferidos por su capacidad de control rápido y eficiente (Marban-Mendoza et al., 2019; García-Perera et al., 2019). No obstante, el uso de productos biológicos se está incrementando debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental.

En Ecuador, el uso de nematicidas tanto químicos como orgánicos ha sido ampliamente estudiado, especialmente en la región bananera de El Oro. Un estudio reciente mostró que el nematicida químico Solvigo es altamente efectivo en el control de *R. similis* y *H. multincinctus*, reduciendo las poblaciones de nematodos en un 85% en comparación con el 65% logrado por Vigga, un nematicida biológico a base de *Bacillus* spp. (Ambel et al., 2024; Ruiz, 2010). Los investigadores también destacaron que, aunque los productos biológicos mostraron una menor eficacia inicial, contribuyeron a mejorar la salud del suelo a largo plazo.

En la región de Los Ríos, un ensayo comparativo entre nematicidas químicos y orgánicos mostró que los extractos de Neem y los hongos antagonistas, como *Trichoderma* spp., lograron un control efectivo de las poblaciones de nematodos, aunque su efecto fue más lento que el de los productos químicos (Ruíz et al., 2010).

Solvigo, cuyo ingrediente activo es 36 Abamectina + 72 Tiametoxam, es un nematicida químico ampliamente utilizado en el manejo de nemátodos fitoparásitos en cultivos de banano. Este producto actúa inhibiendo procesos biológicos esenciales de los nemátodos, disminuyendo significativamente su población y reduciendo los daños a las raíces. Su efectividad ha sido observada en estudios recientes, destacándose por su acción sobre *Radopholus similis* y *Meloidogyne* spp., principales especies que afectan al cultivo de banano (Rendon, 2020; Romero, 2018).

Estos nemátodos perforan las células de la raíz, causando cavidades que interfieren en la absorción de agua y nutrientes (Medina, 2020).

En ensayos realizados en bananeras, Solvigo mostró una incidencia de nemátodos a nivel radicular del 73.17% al final del tratamiento, un nivel de control significativo en comparación con otros métodos. Aunque esta incidencia es menor al 79.59% encontrado en el grupo testigo, sigue siendo menos eficiente que alternativas como Maxfun, que logró un 46.92% (Solis & Goyes, 2023).

Al comparar Solvigo con nematicidas biológicos y orgánicos, se observó que su acción inicial es rápida, pero su efecto disminuye con el tiempo en comparación con alternativas como Yuramic. Este último presentó una mayor regeneración de raíces funcionales, mejorando el desarrollo general de las plantas (Solis & Goyes, 2023). Sin embargo, Solvigo sigue siendo preferido en sistemas de manejo intensivo por su capacidad de reducir drásticamente las poblaciones iniciales de nemátodos (Izquierdo, 2020).

La aplicación de Solvigo se realiza en dos ciclos anuales, siguiendo las dosis recomendadas por el fabricante, es fundamental emplear equipos de protección personal durante su manejo para evitar riesgos de intoxicación (Espinoza, 2017). Además, debe utilizarse en combinación con otras prácticas agronómicas como la rotación de cultivos y la selección de variedades resistentes para garantizar un manejo integrado de nemátodos (Agrocalidad, 2020).

Aunque Solvigo es una herramienta efectiva, su uso indiscriminado puede tener efectos adversos en el ecosistema del suelo, afectando la microflora y la microfauna que antagonizan a los nemátodos fitoparásitos (Espinoza, 2017; Solis & Goyes, 2023). Es necesario complementar

su uso con estrategias biológicas y prácticas agrícolas sostenibles, como la aplicación de compostajes y lixiviados, para mantener un equilibrio ecológico y garantizar la sostenibilidad del cultivo a largo plazo (FAO, 2022).

Los productores locales están adoptando un enfoque integrado que combina productos biológicos y químicos para mejorar tanto la salud del suelo como el rendimiento de los cultivos a largo plazo.

3. Metodología

3.1 Introducción a la metodología utilizada

Este trabajo se realizó en un área aproximada de 3 hectárea con población de 1350 plantas por ha en la finca Las Mercedes, donde se, tomaron 5 muestras compuestas por planta cada tratamiento, y se muestreó después de la aplicación del producto. La finca está ubicada en el cantón Baba - Los Ríos.

3.1.2 Material experimental

Plantas de banano variedad Williams y nematicida químico y biológico.

3.1.2.1. Materiales de campo

Los materiales utilizados fueron: overol, mascarilla, guantes, botas de caucho, pintura y brocha, piola, barreta, funda plástica 18 x 12, cinta métrica y flexómetro, mapas de la finca, libreta de campo, machete, dosificadora, spray pintura y estacas.

3.1.2.2 Tiempo

Esta investigación se realizó en la época seca de junio a noviembre 2024, aproximadamente seis meses.

3.1.2.3 Población

Los resultados obtenidos de esta investigación beneficiarán a los productores de banano de la localidad y los 18.843 habitantes del cantón Baba (INEC, 2024).

3.2 Enfoque de la investigación

3.2.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa con enfoque de investigación de campo y experimental, con un nivel de conocimiento exploratorio y descriptivo dado que se interpretaron los resultados obtenidos en este estudio.

3.2.2 Diseño de investigación

El diseño propuesto para esta investigación es de Diseño de Bloque Completamente al Azar (DCA), se evaluó tres tratamientos con cinco repeticiones compuestas por cinco submuestras y los resultados se expresarán en estadística descriptiva (Tabla 1). Para comparar las medias entre tratamiento se utilizó la prueba de rango múltiples de Tukey al 95 %.

Tabla 1. Anova del análisis de varianza

<i>Fuente de variación</i>	<i>G. L</i>
Tratamiento	2
Bloque	4
Error	8
Total	14

Autor. Pozo, 2024.

3.2.3. Tratamientos

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción dosis 2 L/ha
1	Solvigo (36g/L Abamectina 72g/L Tiametoxam)
2	Vigga (extracto <i>Allium</i> sp.)
3	Control

Autor. Pozo, 2024.

3.3 Aplicación de los nematicidas químico y biológico

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó una bomba mochila pulverizadora de espalda con capacidad de 20 litros con una boquilla abanico debidamente calibrada para efectuar las aplicaciones por tratamiento y repetición.

Se aplicaron a los tratamientos designados:

Solvigo 1,4 mL (2 litros por ha) en solución de 60 mL por planta con bomba de mochila, boquilla de abanico (90-08)

Vigga 1,5 mL (2 litros por ha) en solución de 60 mL por planta con bomba de mochila, boquilla de abanico (90-08).

3.3.1 Evaluación del nemátodo después de la aplicación

Posteriormente de las aplicaciones se continuó con un muestreo de 25 plantas (por tratamiento) tratadas a los 60 días post-aplicación, el muestreo consistió en la colección de toda raíz extraída de una excavación frente al hijo 30 cm de largo por 15 cm de ancho y 30 cm profundidad, para enviar a laboratorio y posterior su identificación de la raza de los nemátodos

3.4 Materiales y métodos del objetivo específico 1

Objetivo: determinar la eficacia de control del nematicida químico y biológico en el control de nematodos en banano.

Los materiales para el cumplir este objetivo fueron:

Laboratorio

Bandejas plásticas: Se usan para el lavado de raíces.

Cuchillos: Se utilizan para separar y picar las raíces.

Tabla de picar: Se utilizó para picar raíces.

Balanza digital: Uso específico para pesar raíces.

Esfero: Para redactar los valores obtenidos en la balanza.

Licuada: Para licuar las raíces por 20 segundos.

Reloj – cronometro: Para controlar el tiempo de licuado.

Tamices: Para filtrar y colectar los nemátodos.

Vaso de precipitación: Para verter el contenido de la licuadora y aforado en 100 mL.

Motor de pecera: Para homogenizar la solución agua – nematodos.

Cajas Petri: Contiene la alícuota de 2 mL.

Microscopio: Para observar, identificar y contabilizar nematodos

3.4.1 Método

3.4.1.1 Densidad poblacional de nemátodos en raíces

Las muestras de las raíces de banano fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis. Las muestras fueron registradas, lavadas y se separaron en tres categorías, sanas, dañadas por nematodos y podridas, posteriormente se pesaron. Después de pesadas las raíces, se cortaron en fragmentos de 1 cm aproximadamente y se mezclaron raíces sanas y raíces dañadas. Se pesaron 10 gramos y se licuaron con 100 mL de agua potable por 20 segundos (en dos etapas de 10 seg.). El licuado se pasó por un juego de tres tamices de arriba hacia abajo de números 60, 100 y 400 (250, 150, 38 μ), el primero se lavó por dos minutos, el segundo por un minuto y en el último se colectaron los nemátodos. Este sedimento agua - nemátodos se colectó en un vaso y con una piseta se aforó en 100 mL de agua (Delgado, 2013; Solis & Goyes, 2023; Tomalá, 2024).

Esta solución se homogeneizó con una bomba de aire y con una pipeta se colocó 2 mL en una cámara contadora. Seguidamente se observó en el estéreo microscopio y se cuantificó el número de nemátodos por cada género antes mencionado. Por cálculo matemático se obtuvo la densidad poblacional en 100 gramos de raíces (Delgado et al., 2021; Delgado, 2013).

3.5 Materiales y métodos del objetivo específico 2

Objetivo: comprobar el efecto de los nematicidas Sovigo (químico) y Vigga (biológico) en la sanidad radical del banano.

Campo:

Barreta: usada para la toma de muestra de raíces.

Fundas: en las fundas se colectaron las raíces de las plantas muestreadas

Tarjetas: Se utilizaron para identificar cada una de las muestras

Esferos: Escribir el nombre de los tratamientos según las muestras que corresponda

Área: El área muestreada fue de 3 ha, una hectárea por tratamiento.

Laboratorio

Bandejas plásticas: Se usan para el lavado de raíces.

Cuchillos: Se utilizan para separar y picar las raíces.

Tabla de picar: Se utilizó para picar raíces.

Balanza digital: Uso específico para pesar raíces.

Esfero: Para redactar los valores obtenidos en la balanza.

3.5.1 Método

3.5.1.1 Muestreo de raíces en banano

Se tomó una muestra de 20 plantas seleccionadas al azar, todas ellas recién florecidas y que tuvieron un hijo de sucesión de 1,50 a 2,0 m de altura. En el hijo, a 5 cm de distancia de la base de la planta madre, se realizó un hoyo de 30 cm largo x 15 cm ancho x 30 cm (Delgado et al., 2021).

3.5.1.1 Número de raíces funcionales

Variable que fue tomada en un hoyo de profundidad de 30 cm por 15 cm de largo x 30 cm de ancho se procedió a recolectar de los cuatro cuadrantes la muestra con la ayuda de una barreta luego colocó en una funda plástica con cierre la muestra y de inmediato se llevó al laboratorio para su respectivo análisis y se pesó las raíces funcionales esta actividad se realizó a los 60 días después de la aplicación de tratamientos (Delgado, 2013).

3.5.1.2. Peso de raíces atacadas por nemátodos

Variable que fue evaluada a partir de un hoyo con una profundidad de 30 cm por 15 cm de largo x 30 cm de ancho se procedió a recolectar las raíces del hoyo y se colocó en una funda plástica para luego llevarla al laboratorio y posteriormente se pesó en la balanza todas las raíces atacadas por nemátodos esta actividad se realizó a los 60 días después de la aplicación de tratamientos.

3.5.1.3 Peso de raíces funcionales

Variable que fue tomada con una profundidad de 30 cm por 15 cm de largo x 30 cm de ancho se procedió a recolectar del hoyo y se colocó en una funda plástica y posteriormente se

pesó en la balanza todas las raíces funcionales, esta actividad se realizó a los 60 días después de la aplicación de tratamientos.

3.6 Materiales y métodos del objetivo específico 3

Objetivo: evaluar el efecto de la aplicación de nematicidas en el rendimiento del cultivo de banano.

Para poder evaluar el objetivo en relación al rendimiento se utilizaron los siguientes materiales.

Podones: Usados para cortar el racimo de la planta.

Cunas: Son utilizadas para el transporte de racimos desde la planta hasta el cable línea.

Garruchas: Fueron utilizadas para transportar los racimos desde el campo hasta la empacadora

Tarjetas: Se utilizó para identificar los racimos según los tratamientos

Balanza digital: Se utilizó para registrar el peso de cada racimo según los tratamientos

Libreta de campo: Registro del peso de cada racimo

3.6.1. Método

3.6.1.1 Peso de racimos

Para evaluar el impacto de los tratamientos en la producción de fruta, se procedió a determinar el peso de los racimos. Un año después de la aplicación de los tratamientos, se cosecharon los racimos y se trasladaron a un área de pesaje. Utilizando una balanza de

precisión, se registró individualmente el peso de cada racimo, asegurando así la obtención de datos confiables y comparables.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de nematicidas químicos y biológicos en el control de nematodos en cultivos de banano.

4.1 Determinar la eficacia de control de los nematicidas químico y bilógico en el control de nematodos en banano.

El Tabla 2, se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre la población del nemátodo *Radopholus similis* en 100 g de raíces.

Tabla 3. Análisis de la varianza de la población de *Radopholus similis* en 100 g raíces

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22400000	6	3733333,3	4,25	0,0321
Tratamiento	18633333	2	9316666,7	10,6	0,0056
Repeticiones	3766666,7	4	941666,67	1,07	0,4308
Error	7033333,3	8	879166,67		
Total	29433333	14			

Autor. Pozo, 2024.

En la Tabla 3. Se muestra que, se llevó a cabo un estudio para ver cómo diferentes tratamientos afectan la cantidad del nemátodo *R. similis*, que es un parásito que puede dañar las raíces de las plantas de banano.

En el cual se pudo observar hay diferencia estadística entre los tratamientos en estudios al igual que el modelo estadístico con un pvalor al $\leq 0,001$

La Tabla 4, presenta los resultados de la prueba de rango múltiples que compara la cantidad de *R. similis* en las raíces de banano bajo diferentes tratamientos en estudio.

Tabla 4. Prueba de rangos múltiples de la población de *Radopholus similis* en 100 g raíces

Tratamiento	Medias
Solvigo	6300,00 a
Vigga	8000,00 b
Control	9000,00 b

Autor. Pozo, 2024.

Los resultados presentados de la Tabla 4 indican que, el tratamiento con Solvigo presenta la menor cantidad poblacional de *R. similis* (6300), siendo el más eficiente en el control de este nemátodo en comparación con los otros tratamientos evaluados.

En contraste, tanto Vigga como el control mostraron medias de 8000 y 9000 nemátodos, respectivamente, siendo estas cifras iguales entre sí.

Solvigo fue el mejor nematicida para reducir la población de *R. similis*, un nemátodo que representa una amenaza considerable para el cultivo de banano debido a su impacto negativo en el sistema radical y, por ende, en la salud general de la planta (Mite & Manzano, 2022; Gutiérrez & Salavarría, 2020).

Por otro lado, la presencia de cantidades más altas de *R. similis* en Vigga indica que este tratamiento, en esta investigación no es eficiente en el manejo de este nemátodo y que, la falta de control de este nematodo en estas condiciones puede llevar a un deterioro del sistema radicular, lo que a su vez puede resultar en una disminución en la absorción de nutrientes y agua, afectando negativamente el crecimiento y la producción del banano (Rodríguez-Gaviria & Cayón, 2008; Macias & Reinoso, 2024).

En la tabla 5, se muestran los resultados estadísticos obtenidos mediante un análisis de varianza, con el objetivo de comparar la población del nemátodo *Helicotylenchus multincinctus* en raíces.

Tabla 5. Análisis de la varianza de la población de *Helicotylenchus multincinctus* en 100 g raíces

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40400000	6	6733333,3	0,51	0,7848
Tratamiento	20800000	2	10400000	0,79	0,4859
Repeticiones	19600000	4	4900000	0,37	0,8221
Error	105200000	8	13150000		
Total	145600000	14			

Autor. Pozo, 2024.

En el Tabla 5. Se muestra que, al comparar los diferentes tratamientos, los resultados no mostraron diferencias significativas entre ellos.

Estos resultados demuestran que, según el género de nematodos, el control se puede quedar limitado y así, reducir la eficacia de los tratamientos aplicados (Bravo & Zambrano, 2024).

Además, las condiciones ambientales y la salud general de las plantas también pueden influir en la capacidad de los tratamientos para controlar la población de nemátodos. Por ejemplo, un sistema radical comprometido puede ser más susceptible a la infestación, lo que podría enmascarar los efectos de los tratamientos (Humberto & Nava, 2021).

4.2 Comprobar el efecto de los nematocidas Sovigo (químico) y Vigga (biológico) en la sanidad radical del banano

Para comprobar el efecto de los nematocidas en estudio sobre la sanidad radical del cultivo de banano se realizó un ANOVA

La tabla 6 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el peso de raíces sanas de banano.

Tabla 6. Análisis de la varianza del peso de raíces sanas de banano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	819,6	6	136,6	0,82	0,5823
Tratamiento	344,93	2	172,47	1,04	0,397
Repeticiones	474,67	4	118,67	0,72	0,6047
Error	1327,73	8	165,97		
Total	2147,33	14			

Autor. Pozo, 2024.

En el Tabla 6. Se observa que los tratamientos utilizados en este estudio no lograron mejorar el peso de las raíces sanas de banano, por ende, no hubo diferencia estadística.

Los resultados presentados indican que los tratamientos aplicados en este estudio no hubo diferencia en el peso de las raíces sanas de banano, por otro lado, el desarrollo y la salud del sistema radical son fundamentales para el crecimiento general de la planta y su capacidad para absorber nutrientes y agua (Ganchozo, 2021).

Es importante considerar que los tratamientos son no eficientes en todas las condiciones y manejo del cultivo según Mite y Manzano (2022), la eficacia puede variar dependiendo de factores como el tipo de suelo, la disponibilidad de nutrientes y las condiciones climáticas. Por lo tanto, es posible que los tratamientos aplicados en este estudio no se hayan adaptado adecuadamente a las condiciones específicas del cultivo de banano en el área de estudio.

La interacción entre el sistema radical y el medio ambiente juega un papel crucial en el desarrollo de las raíces, Botto (2023); Solis & Goyes, (2023), señalan que factores como la humedad del suelo, la temperatura y la presencia de microorganismos pueden influir en la capacidad de las raíces para crecer y desarrollarse.

En la tabla 7, se presentan los resultados estadísticos en el peso de las raíces dañadas por nematodos en banano bajo diferentes tratamientos.

Tabla 7. Análisis de la varianza del peso de raíces dañadas por nemátodos de banano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	900	6	150	1,87	0,2033
Tratamiento	723,33	2	361,67	4,5	0,0491
repeticiones	176,67	4	44,17	0,55	0,7054
Error	643,33	8	80,42		
Total	1543,33	14			

Autor. Pozo, 2024.

En el Tabla 7, se evidencia que mediante un análisis de Anova realizado sobre el peso de las raíces dañadas por nemátodos mostró diferencia entre los tratamientos aplicados. Esto significa que al menos uno de los tratamientos fue eficaz para mejorar el estado de las raíces afectadas por estos organismos.

En la Tabla 8 presenta los resultados del análisis estadístico que nos permitió evaluar si existen diferencias significativas en el peso de las raíces dañadas por nematodos bajo diferentes tratamientos.

Tabla 8. Prueba de rangos múltiples del peso de raíces dañadas por nemátodos de banano

Tratamiento	Media
Solvigo	26,00 a
Vigga	34,00 ab
Control	43 b

Autor. Pozo, 2024

Los resultados presentados en la tabla 7 indican que las plantas tratadas con Solvigo (26 g) mostraron el menor peso de raíz, seguido por Vigga (34 g), por ende, Solvigo, al tener un menor peso de raíz afectadas por nematodos, fue el más eficiente en el manejo de nematodos.

Por otro lado, el testigo presentó la mayor cantidad de raíces dañadas por nematodos, alcanzando un peso de 43 g, por ende que, con la ausencia del control de nematodos resultó en mayor daño a las raíces, lo que compromete la salud general de la planta y su capacidad para absorber nutrientes y agua (Rodríguez-Gaviria & Cayón, 2008) y que la presencia de nematodos es un problema común en el cultivo de banano, y su impacto negativo en el sistema radicular puede llevar a una disminución en la productividad y calidad de los frutos (Ganchozo, 2021).

La eficiencia de Solvigo en comparación con Vigga puede estar relacionada con su formulación y modo de acción. Según Solis y Goyes (2023), los nematicidas pueden tener efectos positivos en la salud de las raíces al mejorar de las plantas y soportar o tolerar el ataque de nematodos.

La Tabla 9 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre el peso de las raíces totales de banano.

Tabla 9. Análisis de la varianza del peso de raíces totales de banano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1724,93	6	287,49	0,91	0,531
Tratamiento	1393,6	2	696,8	2,21	0,1718
Repeticiones	331,33	4	82,83	0,26	0,8936
Error	2519,07	8	314,88		
Total	4244	14			

Autor. Pozo, 2024

En la tabla 9. Se mostró que no hay diferencias significativas en el peso de las raíces totales entre los diferentes tratamientos aplicados.

El crecimiento radical es un factor crítico en la salud general de las plantas, ya que un sistema robusto es esencial para la absorción eficiente de agua y nutrientes (Mendoza, 2023). Por otro lado, la ausencia de un efecto positivo de los tratamientos en el peso de las raíces puede indicar que estos no están optimizando las condiciones necesarias para el desarrollo radical.

Según Ugarte-Barco et al. (2022), la efectividad de varios tratamientos puede depender de factores como la dosis, el momento de aplicación y las condiciones ambientales. Además, la falta de respuesta en el crecimiento de las raíces podría estar relacionada con la calidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes, tal como menciona Finol et al. (2004) cuando las condiciones del suelo, como la textura, la estructura y la fertilidad, juegan un papel crucial en el desarrollo de las raíces.

4.3 Evaluar el efecto de la aplicación de nematicidas en el rendimiento del cultivo de banano.

El Tabla 10 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de diferentes tratamientos sobre el peso de los racimos en kilogramos.

Tabla 10. Análisis de la varianza del peso de racimo en kg

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55,47	6	9,24	1,58	0,2692
Tratamiento	12,4	2	6,2	1,06	0,3915
Repeticiones	43,07	4	10,77	1,84	0,2155
Error	46,93	8	5,87		
Total	102,4	14			

Autor. Pozo, 2024.

Los resultados obtenidos en la tabla 10, indican que ninguno de los tratamientos evaluados produjo un aumento significativo en el peso de los racimos de banano.

Este resultado no es relevante, ya que el peso del racimo es un factor crítico que influye directamente en la rentabilidad de la producción de banano, siendo un indicador clave de calidad y rendimiento (García et al., 2021).

El peso de los racimos tiene varios factores que intervienen en su normal desarrollo y que los tratamientos aplicados no fueron efectivos para influir en los procesos fisiológicos que regulan el crecimiento y desarrollo de los racimos (Macias & Reinoso, 2024). Factores abióticos como la disponibilidad de agua, la calidad del suelo y la presencia de plagas o enfermedades pueden afectar negativamente el crecimiento de los racimos, independientemente de los tratamientos aplicados (Gonzalez, 2024).

5. CONCLUSIONES

Los resultados presentan que Solvigo no tuvo un efecto en el peso de las raíces sanas de banano, No obstante, su eficacia en el control de *Radopholus similis* fue superior a la de los otros tratamientos, lo que es útil para disminuir las poblaciones de nematodos en ciertas circunstancias.

Vigga mostró resultados intermedios en cuanto a la reducción de las raíces dañadas por nemátodos, pero menos eficiente que Solvigo en el control de *Radopholus similis*. Estos resultados muestran que, aunque Vigga tiene un efecto positivo sobre las raíces dañadas por nemátodos, su capacidad de control es limitada en comparación con los nematicidas químicos.

Los resultados indican que el biocontrol de nematodos con Vigga puede ser una opción viable, pero su efectividad puede depender de factores como la formulación y el tipo de nemátodo presente.

Solvigo y Vigga, no influyeron en el peso de los racimos de banano, lo que sugiere que, aunque los nematicidas ayudaron a reducir el daño de las raíces causado por los nemátodos, no lograron mejorar el rendimiento de los racimos.

6. Recomendaciones

Dada la eficacia de Solvigo, se sugiere realizar ensayos adicionales con diferentes dosis y frecuencias de aplicación para optimizar su uso y determinar su costo-beneficio.

Explorar la posibilidad de combinar Solvigo con otros métodos de control, como el control biológico, para un manejo integrado de nematodos.

Realizar evaluaciones histopatológicas de las raíces para determinar el grado de daño causado por los nematodos y evaluar la efectividad de los tratamientos a nivel celular.

Estudiar el efecto de los tratamientos sobre la microbiota del suelo, ya que los microorganismos benéficos pueden jugar un papel importante en la salud de las raíces y en el control de nematodos.

Ampliar el estudio a largo plazo para evaluar el efecto de los tratamientos en la producción a lo largo de varios ciclos de cultivo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abd-Elrahman, A., Elzank, F.I., Labib, H., & Hegazy, M. (2024). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on plant parasitic nematodes infecting banana, *Musa* spp. In some specific farms in sharkia governorate. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 51(4), 727-743.
- Acón-Ho, J., Cervantes-Umaña, C., & WingChing-Jones, R. (2013). Recuperación del 15N en la planta de banano y en el suelo de áreas con origen sedimentario. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 71-81.
- Acosta, G., & Hernández, E. (2021). La agroindustria del banano en el litoral sur ecuatoriano: Una mirada crítica desde la coremática. *Revista de Investigación Talentos*, 8(1), 62-83.
- Aguilar-Anccota, R., Arévalo-Quinde, C., Morales-Pizarro, A., & Galecio-Julca, M. (2021). Hongos asociados a la necrosis de haces vasculares en el cultivo de banano orgánico: síntomas, aislamiento e identificación, y alternativas de manejo integrado. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249-256.
- Agrocalidad. (2020). Instructivo de Muestreo para Análisis Nematológico. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/dxi9.pdf>
- Amaya, A., Santos, M., Morán, I., Vargas, P., Comboza, W., & Lara, E. (2018). Malezas presentes en cultivos del cantón Naranjal, Provincia Guayas, Ecuador. *Investigatio*, (11), 1-16.
- Ambel, B., Matandog, N., Sumaya, N., Salvaña, F., Bretaña, B., & Cabasan, M. (2024). Nematode community structure in *Musa acuminata* colla (Lakatan) farms with continuous cropping system. *Pakistan Journal of Nematology*, 42(1), 66-80.
- Azlay, L., El Boukhari, M. E. M., Mayad, E. H., & Barakate, M. (2023). Biological management of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): a review. *Organic Agriculture*, 13(1), 99-117.
- Bartholomew, E., Brathwaite, R., & Isaac, W. (2014). Phytochemical control of *Radopholus similis* in banana by *Azadirachta indica* and *Allium sativum* extracts. *Journal of Organics (JO)*, 1(1).

- Barrezueta-Unda, S., Condoy Gorotiza, A., & Sanchez Pilcorema, S. (2022). Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (*Musa AAA*) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. *Enfoque UTE*, 13(3), 29-44.
- Blanco-Pérez, R., Sáenz-Romo, M. G., Vicente-Díez, I., Ibáñez-Pascual, S., Martínez-Villar, E., Marco-Mancebón, V. S., ... & Campos-Herrera, R. (2020). Impact of vineyard ground cover management on the occurrence and activity of entomopathogenic nematodes and associated soil organisms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107028.
- Bravo, G., & Zambrano, T. (2024). *Control de nematodos en banano (*Musa x paradisiaca* L), con bioestimulante orgánico "BRUGNEM" como práctica de responsabilidad ambiental y social* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Botto, J. (2023). Estaciones climáticas y sus efectos en la producción de banano en la provincia de Los Ríos durante el periodo 2022. Bachelor's thesis, Babahoyo.
- Castro, P., & Saa, L. (2021). Evaluación de riesgo químico en fumigaciones agrícolas con drone y mejoramiento del ambiente de trabajo (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCP).
- Cedeño, F. (2024). *Incidencia de nematodos fitoparásitos y prácticas asociadas a su manejo en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) en el cantón Pueblo Viejo* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
- Cue, A. (2018). *Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto quitomax® en la respuesta productiva del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.)* (Doctoral dissertation, Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Agropecuarias).
- da Silva, R., Rosa, J., Packer, A., Bento, C., & de Melo, F. (2022). A soil quality physical–chemical approach 30 years after land-use change from forest to banana plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7), 482.

- Dassou, A., Tovignan, S., Vodouhè, F., & Vodouhè, S. D. (2024). Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. *Environment, Development and Sustainability*, 26(9), 21937-21954.
- Delgado, A. (2013). Determinación del nivel crítico del nemátodo *Helicotylenchus multicinctus* en plantas de banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*), establecidas en invernadero y área comercial (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2013).
- Delgado, A., Navia, D., Triviño, C., Peñaherrera, L., & Zambrano, D. (2021). Simulación del daño mecánico ocasionado por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas. *La Técnica*, 11(1), 23-32.
- de Oliveira, D., dos Santos, J., Rodrigues, A., & Rodrigues, T. (2024). Morfometria de Bananeira Nanica em seu primeiro ciclo vegetativo: efeitos da adubação com pó de rocha de diferentes origens. *Peer Review*, 6(9), 152-165.
- Domingues-Lima, J., Mesczezen-Drominiski, A., Silva-Rocha, C., da-Conceição, M. P., Eduardo-Rozane, D., & Nardini-Gomes, E. (2022). Arrepollamiento de banano asociado a variaciones climáticas y nutricionales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3), 393-405.
- Espinoza, A. (2017). *Extractos botánicos competencial aplicación en el control de nemátodos en el cultivo de banano*. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11345/1/DE00007_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
- FAO. (2022). Pudrición de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Obtenido de <https://www.fao.org/3/as091s/as091s.pdf>
- Fariño, J., Fariño, R., García, J., & Paredes, A. (2024). Estudio sobre la distribución del banano rojo (*musa acuminata*'Red Dacca') en la provincia de Manabí. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 8(51), 111-128.

- Finol, J., Fernández, L., Nava, C., & Esparza, D. (2004). Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción y calidad del fruto del banano (*Musa* grupo AAA subgrupo Cavendish clon " Gran Enano") en la Planicie Aluvial del Río Motatán. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(3), 221-232.
- García, G., Cedeño, S., Cedeño, B., Chávez, J., & Álava, G. (2021). Bioestimulante en el crecimiento y calidad de plántulas de plátano en fase de vivero. *Revista Espamciencia ISSN 1390-8103*, 12(2), 124-130.
- García-Perera, D., Enrique, R., López, L., Hernández-Ochandía, D., Miranda, I., Calabuche-Gómez, G., ... & Rodríguez, M. G. (2019). Susceptibilidad de adultos de *Cosmopolites sordidus* (Germar) a *Heterorhabditis amazonensis* Andaló et al. Cepa HC1. *Revista de protección vegetal*, 34(3).
- Gonzalez, A. (2024). Desarrollo de plántulas banano (*Musa* spp. AAA) en respuesta a la fertilización biológica en etapa de vivero (Master's thesis).
- Guapo, G., & Ferreira, G. (2022). Morfoanatomía e histoquímica do pericarpo de *Musa* sp.
- Guzmán-Álvarez, J. A., González-Zuñiga, M., Fernandez, J. A. S., & Calvo-Alvarado, J. C. (2022). Uso de sensores remotos en la agricultura: aplicaciones en el cultivo del banano. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3).
- Gutiérrez, C., Rodríguez, D., & Mora, A. (2023). Comparación de dos métodos de cosecha y acarreo del banano en Costa Rica. e-Agronegocios, 9, 1-23. (Musaceae) e o mito do "fiapo da banana". *Cadernos UniFOA*, 17(50), 1-12.
- Guzmán-Hernández, T., Varela-Benavides, I., Echeverría-Beirute, F., Castro-Jiménez, Z., Jiménez-Madrigal, J., & Peña-Santiago, R. (2022). Análisis de comunidades biológicas en suelos de plantaciones de piña en la Región Huetar Norte, como opción para controles alternativos de patologías.

- Holguín, C., Padilla, F., Quintana, D., Martínez, H., Moreira, Á., & Gonzales, E. (2023). Efecto de bioformulados bacterianos como controladores de *Radopholus similis* y potenciadores del desarrollo de plántulas de banano (*Musa acuminata*) cultivar Williams. *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(2), 9-16.
- Humberto, P., & Nava, J. (2021). Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades productivas de banano, Milagro, Ecuador (Bottlenecks of Managerial Processes at Banana Production Units in Milagro, Ecuador). *Revista CEA*, 7(13).
- Izquierdo, M. (2020). Propuesta de un protocolo de fertilización. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/25221/1/Mariela%20Izquierdo%202020MAYO%20%202016.pdf>.
- Lalvay, S., Guerrero, J., & Batista, R. (2023). Sintropía: efectos en el comportamiento fitosanitario del cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 67-75.
- León, J. (2024). *Evaluar dosis de Mycrobooster (Microrrizas Rhizophagus Irregularis) en cultivo de Banano* (Master's thesis).
- Li, X., Yu, S., Cheng, Z., Chang, X., Yun, Y., Jiang, M., ... & Zhang, L. (2024). Origin and evolution of the triploid cultivated banana genome. *Nature Genetics*, 56(1), 136-142.
- Lima, J., da Conceição, M., Rozane, D., da Silva, S., Gomes, E., & da Silva, H. (2024). Recuperación de plántulas de banano del estrés por inundaciones con residuos de pseudotallos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(6), 2.
- Kinalwa, N. (2023). *Utilization of fungal and bacterial endophytes for the management of the banana nematode Radopholus similis in East African Highland Bananas* (Doctoral dissertation, Makerere University.).
- Mackliff, M. (2012). *Evaluación de la eficacia de Nematón en la reducción poblacional de Radopholus similis en condiciones controladas de invernadero* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2012).

- Manzanilla-López, R. H., & Marbán-Mendoza, N. (2012). *Practical plant nematology* (p. 881pp). Biblioteca Basica de Agricultura, Montecillo.
- Martínez, H., & Carvajal, G. (2023). Evaluar patogenicidad de marchites por *Fusarium oxysporum* cubense raza 1, en plantas de banano rosa (ABB), Pisang Ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (*Bluggoe* ABB), ubicadas en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria, UNAN-León 2023 (*Doctoral dissertation*).
- Mendoza, C. (2023). Efecto de la aplicación de dos fertilizantes edáficos y tres fertilizantes foliares sobre la producción y rentabilidad del cultivo de banano (*Musa* AAA.) en el cantón Baba.
- Miranda, J., Ponce, M., Bermeo, A., Castro, C., & Romero, C. (2024). Efecto de nematicida químico y biológico más calostro de pseudotallo para manejos de nematodos en el cultivo de banano. *AlfaPublicaciones*, 6(4), 85-100.
- Miah, M., Islam, S., Abedin, N., Islam, M., Islam, M., Tisa, K., ... & Aziz, S. (2023). Physicochemical and functional properties of banana starch and its alternative returns. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 11(2), 866.
- Mite, A., & Manzano, P. (2022). Evaluación in vivo de bioestimulantes en plántulas de banano. *Doctoral dissertation*, ESPOL. FCV.
- Monge, B., Artavia-Carmona, R., Martínez, A., & Peraza-Padilla, W. (2024). Evaluación in vitro de hongos nematófagos contra el nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 en Costa Rica. *Revista Environment & Technology*, 5(1), 28-48.
- Mora, F. C., Moran, E. H., García, E. L., & Litardo, R. M. (2020). Importancia de los conocimientos tradicionales, recursos genéticos y derechos de propiedad intelectual. *Journal of science and research*, 5(CININGEC), 60-78.
- Morel, M., García, S., Castillo, Y., de Dios Moya, J., Rengifo, D., Reinoso, T., & Monegro, N. M. (2021). Aislamiento y selección de hongos endófitos nativos con potencial antagonico a nematodos fitoparásitos en plantaciones de banano en Valverde y Montecristi. *APF*, 10(1), 11-24.

- Montúfar, G, Ortiz, J., Coronel, A., & Remache, R. (2023). Nutrientes primarios y su efecto en el desarrollo de plántulas de banano (*Musa acuminata* AAA) de la variedad Williams. DATEH. Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial, y Humanista, 5(2), 18.
- Nhung, T. (2023). Nematicidal Effect of Linn. Aqueous Extract on Burrowing Nematodes () and its Application to Control Toppling Disease on Cavendish Banana (). *Journal of Horticultural Research*, 31(2), 69-78.
- Oquendo, J. (2024). *Comparación de dos métodos, cultural y botánico para el control de cochinilla (Dysmicoccus texensis) en banano orgánico en Los Ríos, Ecuador 2024* (Bachelor's thesis).
- Ortega, N., Korneva, S., Ruiz, O., Santos, E., & Peralta, E. (2010). Obtención de multimeristemas y callos de diferentes variedades de banano y plátano (*Musa* spp.) a partir de “meristemas apicales” y “scalps”.
- Ortega, J., & Puelo, S. (2024). *Determinación de las características de un prototipo de bloque implementando micelios y fibra del pseudotallo de banano* (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.).
- Özarslandan, A., Dinçer, D., & Ünlü, M. (2020). Nematode damage and management in banana in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 44(1), 3-12.
- Ploetz, R. (2024). Banana Taxonomy and Diversity. *Phytopathology News*.
- Priyadarshan, A. (2023). Effectiveness of Integrated Management on Fusarium-Nematode wilt Complex Disease of Banana cv. Ney Poovan (AB): Insights from a Field Study. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(23), 626-638.
- Pun, T., Thapa Magar, R., Koech, R., Owen, K., & Adorada, D. (2024). Emerging Trends and Technologies Used for the Identification, Detection, and Characterisation of Plant-Parasitic Nematode Infestation in Crops. *Plants*, 13(21), 3041.

- Rakubu, I., Katumanyane, A., & Hurley, B. (2024). Host-foraging strategies of five local entomopathogenic nematode species in South Africa. *Crop Protection*, 176, 106525.
- Rodríguez-Gaviria, P., & Cayón, G. (2008). Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 256-265.
- Roman, P, Rasche, J., & Fatecha, D. (2023). Fertilización nitrógenada y potásica en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca* L.) en el Distrito de Guajayvi, Departamento de San Pedro. *Revista Científica de la UCSA*, 10(2), 3-13.
- Romero, J. (2018). Uso de hongos del género *Trichoderma* spp. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12915/1/DE00006_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
- Roosvelt, A. (2020). Manejo integrado del nematodo (*Radopholus similis*) en el cultivo de banano (*Musa* AAA)". Obtenido de e-utb-faciag-ing agron-000256.pdf
- Ruíz, F., Piedrahita, Ó., & Henao, J. (2010). Efecto in vitro de extractos acuosos de higuierilla (*Ricinus communis* Linneo) sobre el nematodo barrenador [*Radopholus similis* (Cobb) Thorne]. *Más allá de los halos de inhibición: cuantificación de variaciones morfológicas por análisis de imágenes en pruebas de antibiosis*, 25.
- Sáez, G., López, J., & Chero de la Cruz, J. D. (2022). Taxonomía integrativa y potencial zoonótico de nematodos de la familia Anisakidae (Nematoda: Ascaridoidea) parásitos de peces de importancia comercial en la costa norte del Perú.
- Salvador-Adriano, M., Villalobos-Hau, A., Salvador-Figueroa, M., Moreno-Castillo, B., & de Lourdes Adriano-Anaya, M. (2022). Desarrollo del banano variedad "Piña" cultivado con sistema orgánico. *IBCIENCIAS*, 55. www.biociencias.unach.mx/ibciencias
- Sánchez-Monge, A. (2024). Nematodos marinos de Costa Rica: estado del arte. *Neotropical Biology and Conservation*, 19(2), 319-331.

- Sandoval, J. A., & Muller, L. (1999). Anatomía y morfología de la planta de banano (*Musa AAA*) [Anatomy and morphology of the banana plant (*Musa AAA*).
- Solis, S., & Goyes, K. (2023). *Comparación de productos químico, biológico y orgánico para el control de nemátodos en el cultivo de banano (Musa acuminata sp), en el cantón Ventanas, provincia Los Ríos* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica).
- Sousa, A., Rocha, A., Oliveira, W., Rocha, L., & Amorim, E. (2024). Phytoparasitic Nematodes of *Musa* spp. with Emphasis on Sources of Genetic Resistance: A Systematic Review. *Plants*, 13(10), 1299.
- Taha, R., El-Nagdi, W., & Kamel, H. (2020). Micropropagated banana plants induced by gamma irradiation and resistant to the root-knot nematode reproduction. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(2), 217-225.
- Tran, T., & Quoc, L. (2024). Evaluation of the nematicidal efficacy of an aqueous extract of *Eupatorium odoratum* on *Radopholus similis* nematode infestation in banana (*Musa acuminata* "Cavendish") in a micro plot experiment and under field trial conditions. *Ahead of print*.
- Tomalá, J. (2024). *Caracterización de géneros de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de banano (m. Paradisiaca) en el cantón Urdaneta, provincia de los ríos, 2024* (Bachelor's thesis).
- Torres, M. (2023). *Alternativas biológicas para reemplazar los plaguicidas de mayor consumo en el Ecuador: alternativas biológicas para el reemplazo de nematicidas químicos en el Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito: EPN, 2023.).
- Ugarte-Barco, F., Zhiñin-Huachun, I., & Hernández-Pérez, R. (2022). Influencia de bioestimulantes sobre caracteres morfológicos y agroquímicos del banano (*Musa AAA* cv. Williams). *Terra Latinoamericana*, 40.

Vélez, J., & Álvarez, B. (2024). *Efectividad de Paecilomyces lilacinus como un biocontrolador de nemátodos en la industria bananera* (Master's thesis).

Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Barrezueta-Unda, S., Huarquilla-Henriquez, W., ... & Garzón-Montealegre, J. (2020). Respuesta óptima económica de la fertilización potásica sobre variables productivas del banano (*Musa* spp.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 36(2), 161-170.

Yáñez, W., Quevedo, J., García, R., Herrera, S., & Luna, Á. (2020). Determinación de la relación carga química grados brix en hojas y frutos de banano clon Williams (*Musa x paradisiaca*). *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 421-430.

Anexos