



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE
MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**CONTROL DE NEMATODOS EN BANANO (*Musa x
paradisiaca* L), CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO
“BRUGNEM” COMO PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD
AMBIENTAL Y SOCIAL.**

AUTORAS:

**BRAVO VERGARA GEMA CAROLINA
ZAMBRANO ZAMBRANO TATIANA ELIZABETH**

TUTORA:

Dr. C. SILVIA MONTERO CEDEÑO

CALCETA, JULIO DEL 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, **Gema Carolina Bravo Vergara**, con cédula de ciudadanía 1751219260 y **Tatiana Elizabeth Zambrano Zambrano**, con cédula de ciudadanía 1313131755, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CONTROL DE NEMATODOS EN BANANO (*Musa x paradisiaca* L), CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO “BRUGNEM” COMO PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL**. Es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las fuentes bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fine estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de Conocimientos, Creatividad e Innovación.



**BRAVO VERGARA GEMA
CAROLINA**

CC: 1751219260



**ZAMBRANO ZAMBRANO
TATIANA ELIZABETH**

CC: 1313131755

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Gema Carolina Bravo Vergara, con cédula de ciudadanía 1751219260 y **Tatiana Elizabeth Zambrano Zambrano**, con cédula de ciudadanía 1313131755, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **“CONTROL DE NEMATODOS EN BANANO (*Musa x paradisiaca* L), CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO “BRUGNEM” COMO PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL**. Cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total auditoría.



**BRAVO VERGARA GEMA
CAROLINA**

CC: 1751219260



**ZAMBRANO ZAMBRANO
TATIANA ELIZABETH**

CC: 1313131755

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Silvia Montero Cedeño Dr. C., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CONTROL DE NEMATODOS EN BANANO (*Musa x paradisiaca* L), CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO “BRUGNEM” COMO PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL.** que ha sido desarrollado por Gema Carolina Bravo Vergara y Tatiana Elizabeth Zambrano Zambrano, previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO,
Dr. C.

CC: 1305358051

TUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“CONTROL DE NEMATODOS EN BANANO (*Musa x paradisiaca* L), CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO “BRUGNEM” COMO PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL**. Que ha sido desarrollado por Gema Carolina Bravo Vergara y Tatiana Elizabeth Zambrano Zambrano, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN
PINLAY, MG.**

CC: 2300121833

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ING. KEVIN ALEXANDER
PATIÑO ALONZO, MG.**

CC: 1313231118

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. CARLOS FABIÁN
SOLÓRZANO SOLÓRZANO,
MG.**

CC: 1306071984

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A la empresa NINDALGO S.A. del Grupo Grandes S.A., en las personas del Ing. M.Sc. Luis Eduardo Grandes Román, Presidente; Ing. M.Sc. Jorge Barba Sánchez, Gerente General y Representante Legal de NINDALGO S.A, en Ecuador, por el apoyo técnico como proyecto de investigación, bajo el convenio marco de cooperación interinstitucional.

Deseando expresar nuestros más sinceros agradecimientos, a nuestra Tutora de Tesis, Ing. Silvia Montero Cedeño, D. Sc., que con su paciencia nos enseñó el camino en la investigación del saber, con ética y profesionalismo a ser más responsables en nuestro proceso educativo, la queremos y estimamos mucho Ingeniera.

También una estimación sincera y emotivo agradecimiento a nuestros queridos docentes de la Carrera de Ingeniería Ambiental a quienes tuvimos el honor de tener como guías. Vuestra dedicación y pasión por la enseñanza han dejado una huella imborrable en nuestras vidas académica y personal. Gracias por inspirarnos a aprender, por compartir vuestros conocimientos y por ser guías en este viaje educativo. Vuestra paciencia y apoyo incondicional nos han ayudado a superar obstáculos y a crecer como estudiante y como individuo. Cada palabra de aliento y consejo ha sido invaluable, que Dios les brinde muchas bendiciones por siempre y para siempre en familia queridos docentes.

LAS AUTORAS

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado especialmente a todas las personas que me ayudaron, en particular a mis amigas Mailin, Yamileth y Tatiana, quienes me animaron a continuar desarrollando la tesis y me dijeron que no me diera por vencida cuando parecía imposible terminarla. Muy especialmente, quiero agradecer a mis padres, que siempre me motivaron a estudiar y a terminar la carrera, incluso cuando yo ya no quería hacerlo. Todo el esfuerzo lo hice por ellos, y ahora puedo ver el fruto de todos esos esfuerzos.

GEMA CAROLINA BRAVO VERGARA

A Dios, Rey de Reyes y fuente inagotable de amor y sabiduría, agradezco por guiarme en mi camino educativo y bendecirme con fuerza y perseverancia. A mis queridos padres, Miguel y Esperanza, aunque mi padre ya no esté entre nosotros, siempre pensaré que está a mi lado. A mis hermanos y hermana; a mis hijos Julieth, Jaren y Jossue, mis amores eternos. A mi gatito Vegueta, que me esperaba a cualquier hora para dormir mientras hacía mis tareas, y a mis caninos Doky y Hestia, que siempre me esperaban con amor. Ustedes son pilares inquebrantables de apoyo y aliento. Les dedico mi éxito, pues su amor incondicional fue mi inspiración constante.

A mis amistades que me apoyaron cuando más lo necesitaba, especialmente a Valentina, amiga inigualable y cómplice en risas y dificultades. Su amistad sincera y alentadora fue un regalo invaluable. Durante mis estudios, cada palabra de aliento y cada consejo han sido piedras fundamentales en mi formación. Con gratitud en el corazón, enfrento el futuro sabiendo que su apoyo incondicional me acompañará siempre.

¡Gracias por ser parte de mi camino!

TATIANA ELIZABETH ZAMBRANO ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
PALABRAS CLAVES	xiv
ABSTRACT	xv
KEY WORDS.....	xv
1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. HIPÓTESIS.....	5
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ORIGEN, IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL BANANO...	6
2.2. LOS NEMATODOS	7

2.3.	LOS NEMATODOS EN EL CULTIVO DE BANANO.....	7
2.4.	PRINCIPALES GÉNEROS Y ESPECIES DE NEMATODOS EN EL CULTIVO DE BANANO	9
2.4.1.	<i>Radopholus similis</i> (ENDOPARÁSITO MIGRATORIO).....	9
2.4.2.	<i>Helicotylenchus multicinctus</i> (ECTO Y ENDOPARÁSITOS MIGRATORIOS).....	9
2.4.3.	<i>Pratylenchus coffeae</i> (ENDOPARÁSITO MIGRATORIO)	10
2.4.4.	<i>Meloidogyne incógnita</i> (ENDOPARÁSITO SEDENTARIO).....	10
2.5.	MÉTODOS DE CONTROL DE LOS NEMATODOS EN EL CULTIVO DE BANANO	11
2.5.1.	CONTROL MANUAL.....	12
2.5.2.	CONTROL QUÍMICO	13
2.5.3.	CONTROL BIOLÓGICO.....	13
2.6.	CONTROL DETERMINADO CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO	14
2.6.1.	BIOESTIMULANTE ORGÁNICO UTILIZADO PARA COMBATIR LOS NEMATODOS	15
2.6.2.	USO Y SUS VENTAJAS DEL BIOESTIMULANTE CON EFECTO NEMATICIDA	15
2.7.	LA RESPONSABILIDAD AMBIENTAL SOBRE EL USO DE PLANTAS	16
2.8.	BIOESTIMULANTE ORGÁNICO BRUGNEM.....	16
2.8.1.	MEDIDAS FITOSANITARIAS.....	17
2.8.2.	MODO DE EMPLEO	18
3.	CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	19
3.1.	UBICACIÓN.....	19
3.2.	DURACIÓN.....	19
3.3.	MÉTODOS	20

3.3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	20
3.3.2.	MÉTODO BIBLIOGRÁFICO	20
3.4.	TÉCNICAS	21
3.4.1.	OBSERVACIÓN	21
3.4.2.	ENTREVISTA.....	21
3.4.3.	FICHEROS.....	21
3.4.4.	EXPERIMENTACIÓN.....	22
3.4.5.	TÉCNICAS ESTADÍSTICAS	22
3.5.	UNIDAD EXPERIMENTAL	22
3.6.	VARIABLES DE ESTUDIOS	22
3.6.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	22
3.6.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	22
3.7.	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	23
3.7.1.	FASE I: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM, PARA EL CONTROL DE NEMATODOS EN PLÁNTULAS DE BANANO	23
3.7.2.	FASE II: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BRUGNEM EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	25
3.7.3.	FASE III. REALIZACIÓN DE CHARLAS DE LAS ALTERNATIVAS FITOSANITARIAS (NEMATICIDAS) A LOS PRODUCTORES BANANEROS, COMO UNA PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL, BASADOS EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL USO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM	30
3.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL	31
3.8.1.	TRATAMIENTO.....	32
3.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33

4.1. FASE 1. ANÁLISIS DEL EFECTO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM, PARA EL CONTROL DE NEMATODOS EN PLÁNTULAS DE BANANO	33
4.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN.....	41
4.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN.....	51
4.2. FASE II: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BRUGNEM EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	59
4.3. FASE III. REALIZACIÓN DE CHARLAS DE LAS ALTERNATIVAS FITOSANITARIAS (NEMATICIDAS) A LOS PRODUCTORES BANANEROS, COMO UNA PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL, BASADOS EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL USO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM	64
5. CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. CONCLUSIONES.....	67
5.2. RECOMENDACIONES.....	67
6. BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Ubicación del sitio “Los Casados”.....	19
Figura 4.1. Cambio porcentual promedial por tratamiento a partir de 0 a 30 días.....	35
Figura 4.2. Cambio porcentual promedial por tratamientos a partir de 0 a 60 días.....	37
Figura 4.3. Variación porcentual entre resultados del análisis de 30 a 60 días promediado por tratamientos	40
Figura 4.4. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de <i>Radopholus</i>	46

Figura 4.5. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de <i>Helicotylenchus</i>	47
Figura 4.6. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de <i>Pratylenchus</i>	49
Figura 4.7. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de <i>Meloidogyne</i>	50
Figura 4.8. Gráficos comparativos de resultados de análisis químico de suelo.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Rangos óptimos de parámetros químicos para cultivo de banano	28
Tabla 3.2. Esquema de análisis de varianza.....	32
Tabla 3.3. Descripción de las concentraciones de los tratamientos.....	32
Tabla 4.1. Análisis de Nematodos preliminares	33
Tabla 4.2. Resultados de análisis nematológicos en 30 días.....	34
Tabla 4.3. Resultados de análisis nematológicos en 60 días.....	34
Tabla 4.4. Cambio porcentual del conteo de nematodos a 0 y 30 días....	35
Tabla 4.5. Cambio porcentual del conteo de nematodos a 0 y 60 días....	37
Tabla 4.6. Cambio Porcentual del conteo de nematodos entre 30 y 60 días	39
Tabla 4.7. Test de Shapiro-Wilks en 30 días de aplicación.....	41
Tabla 4.8. Pruebas de Levene para Análisis Nematológicos en 30 días de aplicación	43
Tabla 4.9. Análisis de Varianza DCA para aplicación de 30 días de aplicación	45
Tabla 4.10. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de <i>Radopholus</i> 46	
Tabla 4.11. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de <i>Helicotylenchus</i>	47
Tabla 4.12. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de <i>Pratylenchus</i> 48	
Tabla 4.13. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de <i>Meloidogyne</i>	50

Tabla 4.14. Test de Shapiro-Wilks en 60 días de aplicación.....	52
Tabla 4.15. Pruebas de Levene para Análisis Nematológicos en 60 días de aplicación	53
Tabla 4.16. Análisis de Varianza DCA para aplicación de 60 días de aplicación	55
Tabla 4.17. Resultados de Transformación mediante Raíz Cuadrada de datos de <i>Radopholus</i>	56
Tabla 4.18. Shapiro-Wilks con datos Transformados por Raíz Cuadrado de <i>Radopholus</i>	57
Tabla 4.19. Prueba de Levene con datos transformados por raíz cuadrada de <i>Radopholus</i>	58
Tabla 4.20. Análisis de Varianza con datos transformados por raíz cuadrado de <i>Radopholus</i>	58
Tabla 4.21. Cambio Porcentual de Análisis Químicos	60
Tabla 4.22. Comparación de resultados químico con Rangos Óptimos...	63

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1. Cambio Porcentual	27
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Sembrado de Plántulas de banano.....	99
Anexo 2. Toma de muestras para análisis.....	100
Anexo 4. Realización de charla a productores de banano.....	101

RESUMEN

Este estudio investigó el potencial efecto nematocida del bioestimulante BrugNem en plántulas de banano como parte de una estrategia de responsabilidad ambiental y social. En la primera fase, se evaluaron los efectos de BrugNem en la supresión de nematodos fitoparásitos, destacando el tratamiento T₁ (2,5 cc/planta de BrugNem), que mostró una reducción significativa en la población de *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, y *Meloidogyne*, respaldado por el análisis estadístico ANOVA DCA y la prueba de Tukey. En la segunda fase, se examinaron las propiedades químicas y biológicas del suelo, observando mejoras en la mayoría de los parámetros, incluyendo una mayor concentración de fósforo en el tratamiento T₃ (7,5 cc/planta de BrugNem), que al igual a la dosis del agroquímico comercial, obtuvo los mejores resultados en las concentraciones de fósforo dentro de los análisis NPK. En la Fase III, se socializaron alternativas fitosanitarias con los productores bananeros del sitio "Los Casados", en enero de 2024, promoviendo el uso de BrugNem como práctica ambiental y socialmente responsable, basada en los resultados obtenidos; esta fase resaltó sus beneficios agrícolas, ambientales y sociales, fomentando prácticas agrícolas más sostenibles. BrugNem demostró ser efectivo en el control de nematodos fitoparásitos en plántulas de banano, homologando y superando el efecto de un agroquímico con propiedades nematocidas. Además, influyó de manera positiva en las propiedades químicas del suelo.

PALABRAS CLAVES

Brugmen, Fitosanitario, Nematodos, Producción de banano

ABSTRACT

This study investigated the potential nematicida effect of the bio-stimulant BrugNem in banana seedlings as part of an environmental and social responsibility strategy. In the first phase, the effects of BrugNem on the suppression of phytoparasitic nematodes were evaluated, with treatment T₁ (2.5 cc/plant of BrugNem) standing out, showing a significant reduction in the population of Radopholus, Helicotylenchus, Pratylenchus, and Meloidogyne), supported by ANOVA DCA statistical analysis and Tukey's test. In the second phase, the chemical and biological properties of the soil were examined, observing improvements in most parameters, including a higher concentration of phosphorus in treatment T₃ (7.5 cc/plant of BrugNem), which, similar to the dose of the commercial agrochemical, achieved the best results in phosphorus concentrations within the NPK analyses. In Phase III, phytosanitary alternatives were shared with banana producers from the "Los Casados" site in January 2024, promoting the use of BrugNem as an environmentally and socially responsible practice, based on the results obtained; this phase highlighted its agricultural, environmental, and social benefits, encouraging more sustainable agricultural practices. BrugNem proved to be effective in controlling phytoparasitic nematodes in banana seedlings, matching and surpassing the effect of an agrochemical with nematicidal properties. Additionally, it positively influenced the soil's chemical properties.

KEY WORDS

Brugmen, Phytosanitary, Nematodes, Banana production

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El banano, cultivo emblemático y líder histórico en el comercio mundial de frutas frescas, evidenciado por ostentar el primer lugar en exportaciones a nivel mundial, desempeña un papel crucial en la economía de países tropicales en desarrollo. Originario de África, contribuye significativamente a la producción global, con un 72.7% de origen africano y un 22% en América (Carreño y Portilla, 2020).

A pesar de su importancia económica, el cultivo enfrenta desafíos sustanciales, siendo los nematodos fitoparásitos uno de los problemas fitosanitarios más críticos a nivel global (Pucci, 2022).

En Latinoamérica y el Caribe, la introducción de la variedad Gros Michel ha facilitado la propagación de nematodos, particularmente *Radopholus similis*, que afecta las raíces del banano (Casanueva et al., 2016). La respuesta predominante a esta amenaza, especialmente en países latinoamericanos, ha sido la aplicación de nematocidas químicos, a pesar de sus altos costos y los riesgos asociados con la contaminación ambiental y la toxicidad para agricultores y consumidores (Acosta, 2021).

En Ecuador, principal exportador bananero, el cultivo de banano enfrenta pérdidas económicas significativas debido a la presencia de nematodos que afectan el crecimiento eficiente de las plantas, generando hojas más pequeñas y en menor cantidad, así como una disminución en el peso de los frutos que conduce al volcamiento de las plantas y la pudrición del sistema radicular (Rodríguez, 2019).

El clima y el suelo en Ecuador son elementos cruciales para la calidad del cultivo de banano, influyendo en los balances de nitrógeno, fósforo, potasio, propiedades del suelo y otras variables clave. El sector bananero, que representa más del 30% de la oferta mundial durante más de 40 años, se ve directamente afectado por las condiciones climáticas (Motoche et al,

2021). Además de ser un pilar fundamental en el desarrollo económico del país, es un generador de fuentes de empleo en el mercado nacional, especialmente en las familias de la costa ecuatoriana y considerado como uno de los principales productos tradicionales de exportación (Andrade y Poveda, 2020).

Chunzo (2017) señala que, aunque el uso de nematicidas químicos es común para el control de *Radopholus similis* (nematodo barrenador), esta práctica es económicamente costosa y, además, contaminante para el medio ambiente. Es así como en consecuencia y dado el daño que puede causar, de acuerdo con Zurita et al (2015), no es conveniente usar nematicidas químicos, puesto que, a través de su utilización, no se eliminan solo los nematodos dañinos sino muchos nematodos benéficos

La persistencia de este método afecta no solo a los productores, que ven mermadas sus ganancias, sino también a los consumidores, dado que la aplicación de productos químicos complejos durante el cultivo puede impactar negativamente en la salud (Ramírez, 2020). La presencia de nematodos en los cultivos de banano, causan significativas pérdidas económicas, puesto que logran reducir su rendimiento, mediante la destrucción directa de células, la vectorización de virus, o indirectamente, facilitando la invasión de hongos y bacterias a través de su alimentación y el movimiento a través de las raíces (Cortez y Jabo, 2022).

Frente a esta amenaza global, el uso de nematicidas químicos se ha convertido en el método predominante para controlar esta plaga, incluso en Ecuador, a pesar de su elevado costo y su impacto ambiental negativo (Cedeño y Muñoz, 2017). De acuerdo con Romero (2018), uno de los desafíos más apremiantes para los productores de banano radica en la necesidad imperante de reducir la dependencia de nematicidas químicos y productos agroquímicos para mitigar los daños causados por los nematodos, destructores de plantas.

Por su parte, Gueche (2020) destaca que, a pesar de las diversas investigaciones sobre alternativas de control, el uso predominante de

nematicidas químicos persiste como la práctica más extendida, que, en términos de control, impone un daño duradero al medio ambiente y a la salud de los trabajadores agrícolas que laboran en estas áreas. La persistencia de este enfoque subraya la necesidad urgente de explorar y desarrollar nuevas alternativas de control que minimicen el impacto ambiental y promuevan la responsabilidad social en el sector bananero.

Ante esta problemática encontrada, la presente investigación tiene como estrategia utilizar el producto de origen orgánico como el BRUGNEM en el control de nematodos, la cual contribuye en permitir que las plantas de banano tengan mejor rendimiento, ya que el efecto del bioestimulante, hace que la raíz se oxigene y tenga capacidad de acelerar los procesos fisiológicos, teniendo mayor absorción de nutrientes en la que su función como bioestimulante permite a la raíz un mejor desarrollo, sin perjudicar el medio ambiente, a los trabajadores ni al consumidor (Grupo Grandes, 2022).

En base al tema de investigación se formula la siguiente pregunta:

¿Cómo realizar el control de nematodos en banano, con bioestimulante orgánico “BRUGNEM” como práctica de responsabilidad ambiental y social en Manabí?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica teóricamente al proporcionar a los productores de banano un marco conceptual sólido y resultados concretos para la aplicación adecuada del bioestimulante BrugNem, comparándolo con bioestimulantes previamente comerciales. Este enfoque se centra en el control efectivo de nematodos, con el objetivo de mejorar la productividad del cultivo y mitigar el impacto ambiental al reducir la dependencia de productos químicos. La investigación contribuirá a optimizar prácticas agrícolas, promoviendo la sostenibilidad y el cumplimiento de los estándares legales en Ecuador (Carreño et al., 2020).

Desde el ámbito legal, la presente investigación se amparó en los artículos establecidos en la Constitución de la República del Ecuador en los artículos 14 y 396 que determina que “el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

El bioestimulante BrugNem busca reducir el riesgo de residuos en los frutos, promoviendo la salud del agricultor y preservando el medio ambiente al evitar el uso de productos químicos (Grupo Grandes, 2022)

Siendo una nueva alternativa para el control de nematodos en el cultivo de banano, brindando información valiosa para su aplicación en el trabajo diario de agricultores y productores en la zona de estudio (Zurita et al., 2015). A pesar del impacto económico de la plaga, el nivel de conocimiento sobre su control es limitado en el país, especialmente en grandes plantaciones de banano, donde las estrategias de manejo suelen limitarse al uso de insecticidas y nematicidas químicos (Martínez et al., 2022)

La importancia de la práctica radica en la aplicación de los resultados obtenidos, los cuales contribuyen a minimizar el uso de agroquímicos nematicidas mediante el empleo de productos orgánicos con la misma función (Cedeño y Vinueza, 2023). Al reducir la dependencia de los productos químicos, se promueve una agricultura más sostenible y segura para el medio ambiente (Vidaurre et al., 2020). En relación con la importancia metodológica, ésta permitirá establecer el procedimiento y las herramientas necesarias para conseguir toda la información relevante fundamentada y aplicada posibilitando la mejora de los procedimientos y métodos para controlar nematodos en el cultivo del banano (Muñoz y Cedeño, 2017).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto nematicida del bioestimulante BrugNem en el control de nematodo, en plántulas de banano, como práctica de responsabilidad ambiental y social en el sitio “Los Casados”, perteneciente al Cantón Junín.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto del bioestimulante BrugNem, para el control de nematodos en plántulas de banano.
- Determinar la influencia del BrugNem en las propiedades químicas y biológicas del suelo.
- Realizar de charlas de las alternativas fitosanitarias (nematicidas) a los productores bananeros, como una práctica de responsabilidad ambiental y social, basados en los resultados obtenidos del uso del bioestimulante BrugNem.

1.4. HIPÓTESIS

La utilización del bioestimulante BrugNem disminuirá en un 20% la población de nematodos en el cultivo de banano, en la provincia de Manabí

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN, IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL BANANO

Vásquez et al. (2019), manifiesta que el banano, también conocido como plátano, tiene su origen en el sudeste asiático, en regiones como Malasia, Filipinas e Indonesia. Se cree que fue domesticado por primera vez en estas áreas hace miles de años. A lo largo del tiempo, la fruta se propagó por otras partes del mundo a través de la migración y el comercio.

Su popularidad y demanda constantes en los mercados internacionales generan empleo para miles de personas en países productores, contribuyendo significativamente al crecimiento económico y al desarrollo social (Hidalgo, 2016). En el siglo XIX, el banano comenzó a cultivarse comercialmente en América Latina, especialmente en países como Honduras, Costa Rica y Ecuador. La expansión de la industria bananera estuvo fuertemente influenciada por empresas estadounidenses como la United Fruit Company. (Cortez y Jabó, 2022).

El cultivo de banano desempeña un papel trascendental en la economía ecuatoriana, siendo uno de los principales productos de exportación del país. Las exportaciones de esta fruta experimentaron un crecimiento significativo, pasando de 1 millón de toneladas en 1985 a 3,6 millones en el año 2000, con una tasa de crecimiento anual promedio cercana al 9%, la más alta entre los principales exportadores mundiales (Gueche, 2020).

En el año 2020, las exportaciones de banano representaron el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) general y aproximadamente el 35% del PIB agrícola de Ecuador (León et al., 2023). Dos años después, en 2022, el banano constituyó aproximadamente una cuarta parte del total de las exportaciones ecuatorianas, generando ingresos cercanos a los 3 mil millones de dólares estadounidenses (Badische Anilin- und Soda-Fabrik [BASF], 2022).

En el Ecuador, la actividad bananera se distribuye por regiones, las cuales se concentran en tres provincias principales como son: El Oro, Guayas y Los Ríos. Individualmente, el 33% corresponde a El Oro; 31% Guayas; el 29% a Los Ríos y el 7% al resto de provincias (Peralta et al., 2022; Gutiérrez y Cevallos, 2021). La cadena de comercialización es compleja, porque involucra un gran número de actores internos y externos, el productor nacional puede vender su producto directamente al exportador o a un intermediario (León et al., 2020).

2.2. LOS NEMATODOS

Los nematodos son microorganismos organismos multicelulares más abundantes en los agrosistemas pertenecientes al reino animal, con apariencia de gusano filiformes (Cantos, 2020), pudiendo alcanzar densidades que superan los 30 millones por metro cuadrado, distribuidos ampliamente ocupan diversos nichos en el suelo, la vegetación y otras formas de vida (Irineo et al., 2021; Guzmán et al., 2020).

Su clasificación según los hábitos alimentarios incluye categorías como saprófagos, omnívoros, depredadores y aquellos que son parásitos de plantas. Aunque todos estos grupos pueden tener algún impacto en la producción agrícola, los nematodos fitoparásitos destacan como el conjunto más relevante debido a su capacidad patogénica (Vera, 2021).

Se encuentran distribuidos como organismos de vida libre alimentándose de hongos, bacterias, protozoarios u otros nematodos, o como parásitos de plantas y animales, formando parte importante de las cadenas tróficas del suelo (Gómez y Montes, 2016).

2.3. LOS NEMATODOS EN EL CULTIVO DE BANANO

Los nematodos del banano infectan los tubérculos del cultivo durante la renovación de plantaciones antiguas con una propagación exponencial, por lo que es imperativo mejorar la nutrición y cuidar la asepsia adecuada, de

forma de prevención, así como evaluar el umbral económico de las plantaciones ya establecidas (Izquierdo y Armas, 2020).

El mayor daño ocurre en plantaciones viejas y en árboles debilitados por sequía, falta de nutrientes u otras plagas. Las plantas afectadas presentan retraso en el crecimiento, amarillamiento de las hojas, pérdida del sistema radicular, pseudobulbos, ciclo de producción prolongado y rendimiento reducido. Las plagas de insectos pueden reducir el tamaño de la fruta, reducir el peso del racimo y acortar el tiempo de almacenamiento (Amador et al., 2015).

En los agroecosistemas donde se cultivan, las malezas coexisten y pueden ser hospedantes de nematodos de las plantas que muchas veces las dañan; algunos incluso pueden soportar poblaciones de nematodos en ausencia de un cultivo importante debido a la presencia constante de fuentes alternativas de alimentos, lo que dificulta el control de nematodos (Casanueva et al., 2016).

El ciclo de vida del nematodo comienza en la etapa de huevo y el desarrollo embrionario conduce a la primera etapa juvenil (J1) donde se somete a pelado, donde se romperá las cutículas grandes y permitirá que se dilaten (Sikora, 2018). Luego pasan a la segunda etapa juvenil J2 y usan una aguja para perforar la cáscara del huevo para que pueda eclosionar. Después de la eclosión, J2 migra a través del suelo en busca de raíces de plantas hospedantes (Brusca et al., 2016). Después de esta etapa, el nematodo pasa por tres etapas de muda, llegando a la tercera etapa larvaria (J3), la cuarta etapa larvaria (J4) y finalmente la etapa adulta (macho y hembra) (Encarnación, 2022).

2.4. PRINCIPALES GÉNEROS Y ESPECIES DE NEMATODOS EN EL CULTIVO DE BANANO

2.4.1. *Radopholus similis* (ENDOPARÁSITO MIGRATORIO)

Radopholus similis es un nematodo fitoparásito que reside y se alimenta de tubérculos y raíces, dañando el crecimiento de las plantas y provocando pérdidas del 20% al 100% si no se aplican las medidas de control adecuadas. Son como hilos, sin segmentos, ligeramente transparentes, con cutículas que simulan al vidrio en forma de anillos o estrías. Además, su forma se asemeja a las lombrices de tierra (Cantos, 2020; Guzmán, 2011). Este nematodo es endoparásito migratorio, alargado en forma de lombriz y mide un tamaño que oscila entre 0,25 mm a >1,0 mm de longitud, aunque algunos alcanzan hasta 4,0 mm. Los estadios juveniles y la hembra tienen estilete bien desarrollado y cabeza semiesférica. Los machos casi siempre son más pequeños que las hembras, pierden el estilete y la cabeza tiene forma de botón (bonete) (Cando, 2019).

El nematodo de mayor importancia es *Radopholus similis*, cuyo resultado más visible es la caída de plantas, principalmente por el deterioro de las raíces particularmente con vientos fuertes o cuando un racimo es pesado (Delgado et al., 2018).

2.4.2. *Helicotylenchus multicinctus* (ECTO Y ENDOPARÁSITOS MIGRATORIOS)

Posee un hábito alimenticio ectoparásito y semi-endoparásito de raíces, reduciendo la producción de musáceas entre 19 y 34%, se considera la segunda especie más importante en el cultivo de banano. En el caso de musáceas infestadas por dicho nematodo, las raíces terciarias aparecen necróticas y se desprenden fácilmente al tratar de manipularlas, las raíces muestran lesiones pequeñas alrededor del punto (Cando, 2019).

Helicotylenchus multicinctus se considera el nematodo más dañino en bananos y plátanos y se considera la principal especie de nematodos

parásitos en plátanos donde las condiciones de temperatura y lluvia no son las óptimas para el cultivo. Se ha registrado a nivel mundial en varias plantas hospedantes. Es probablemente el más extendido y abundante. Nematodo con efectos dañinos en plátanos después de *Radopholus similis* (Daramola et al., 2020).

2.4.3. *Pratylenchus coffeae* (ENDOPARÁSITO MIGRATORIO)

Son endoparásitos migratorios de la corteza radicular y del cormo del banano. Ambos sexos del nematodo y todos los estadios juveniles son infectivos y su ciclo de vida se completa dentro de la raíz (Cantos, 2020; Bucki et al., 2020). Se ha descrito que los cambios histológicos después de la inoculación de *Pratylenchus coffeae* en las raíces de los clones AAB .Después de entrar en las raíces, los nematodos migran entre y dentro de las células, ocupando una posición paralela a la estela, donde se alimentan del citoplasma de las células vecinas, causando eventualmente cavidades que se unen (Holgín, 2018).

Las plantas afectadas por especies de *Pratylenchus* muestran clorosis, raquitismo y marchitamiento y, generalmente, se encuentran distribuidas en parches en el campo cultivado (De Oliveira et al, 2021). En las raíces, provocan lesiones al alimentarse de los tejidos epidérmicos y corticales de las raíces jóvenes; provocando lesiones de color café o negro, las cuales, posteriormente, pueden ser atacadas por microorganismos, como hongos y bacterias (Hernández et al., 2018).

2.4.4. *Meloidogyne incógnita* (ENDOPARÁSITO SEDENTARIO)

Suele comenzar con el desove de una masa de huevos que se coloca dentro o fuera de la raíz. La primera muda ocurre dentro del huevo, y tan pronto como eclosiona J2, infecta las raíces de las plantas susceptibles y comienza a alimentarse en la zona de diferenciación de raíces, donde ocurre la muda y el desarrollo en J3 y J4 raíz (Picca, 2022; Yac, 2021). Estas condiciones no son contagiosas. Luego se vuelven adultos. Los gusanos hembra en forma de pera permanecen en las raíces, mientras que los gusanos machos

se desprenden de las raíces y no son infecciosos. Cuando las hembras se vuelven adultas, ponen huevos en sacos gelatinosos llamados matrices que están expuestos en la superficie de la corteza de la raíz o parcialmente cubiertos, según la ubicación del nematodo (Rea, 2020; Fernández, 2023).

2.5. MÉTODOS DE CONTROL DE LOS NEMATODOS EN EL CULTIVO DE BANANO

El control de nematodos se dificulta por su pequeño tamaño, el desconocimiento del agricultor y por la falta de especialistas en la región Costa y el país, lo que se ve agravado por la condición de cultivo orgánico certificado que impide el uso de productos agroquímicos de origen sintético, que termina siendo en otras condiciones, el principal método de control al que recurren los productores ante el ataque de nematodos fitoparásitos (Calle et al., 2017).

El requerimiento nutricional del cultivo es indiferente a las condiciones ambientales en las que se cultiva, los factores son multivariados donde los efectos son diversos e impredecible lo que implica un difícil control de los nematodos, sin embargo, se pueden prevenir un ataque masivo estimulando las raíces con una nutrición adecuada de los elementos nutricionales (Izquierdo y Armas, 2020).

Actualmente, la aplicación al suelo del nematicida granular Carbofuran es la única opción práctica disponible para los productores de banano para el control de nematodos en la India. Sin embargo, es sólo una solución a corto plazo, ya que la población de nematodos aumenta desproporcionadamente unos meses después, lo que requiere aplicaciones repetidas en dosis más altas, que finalmente se vuelven peligrosas y antieconómicas (Seenivasan, 2017).

El incremento de la resistencia a enfermedades al mejorar el vigor de la planta, la repelencia de patógenos en la zona de la raíz al competir por nutrientes o producir sustancias antibióticas, brindan mayor capacidad de exploración a las raíces con las que establecen simbiosis, confieren mayor

capacidad de absorción de nutrientes y de agua, los cuales influyen positivamente en el crecimiento de las plantas (Bautista et al., 2015).

Como lo indicó Hidalgo (2017), el control de esta plaga se realiza con pesticidas sintéticos altamente residuales que, por sus daños en la salud y el ambiente, se ha restringido su uso y en algunos casos han sido eliminados del mercado. El avance de alternativas al uso de plaguicidas biológicos ha sido una prioridad para los investigadores durante las últimas décadas (Berlitz et al., 2014). Esta línea de investigación ha tenido un crecimiento de la función de biocontroladores naturales para combatir los nematodos fitófagos de las plantas, entre ellos, el control biológico por medio de hongos entomopatógenos el cual ha confirmado tener potencial para ser utilizado en los programas de manejo (Castillo, 2022).

2.5.1. CONTROL MANUAL

Las prácticas culturales más comunes para el control de nematodos parásitos se encuentran la rotación de cultivos, el uso de plantas antagónicas, la aplicación de enmiendas orgánicas y otras (Pérez, 2019). Primero se descartan las bases de las hojas y luego todo el tejido que presente lesiones color violáceas, rojizas o necróticas; hasta exponer en la base solo el tejido blanco. Esta práctica se realiza con cuchillos o machetes afilados fuera de los predios donde se obtuvo el material, para evitar la reinfección (Zatán, 2018).

En los cultivos de banano se realizan prácticas de control dirigidas a eliminar parte de la infección provocada por nematodos en el material de siembra. Una de éstas es el pelado de cormos que consiste en la remoción de todo el tejido lesionado que presente este material. Otro método de control de nematodos dirigido al material de siembra, es el tratamiento con agua caliente. Esto se realiza sumergiendo los cormos en tanques con agua a una temperatura de 55 °C, por periodos que varían entre 15 y 25 minutos (Holgín, 2018).

2.5.2. CONTROL QUÍMICO

Las prácticas utilizadas para la aplicación de nematicidas sintéticos se efectúan en tratamientos dirigidos a periodos pre-siembra y/o post siembra del cultivo (Seenivasan, 2017; Izquierdo y Armas, 2020). En el tratamiento pre-siembra se evalúa la germinación y el control de nematodos en cormos tratados con soluciones de los nematicidas carbofuran, fensulfotion, ethoprop y phenamiphos; obteniéndose una reducción de 95 % en las poblaciones iniciales de Fitonematodos (Zatán, 2018). Dentro de los tratamientos post-siembra, en la actualidad, los nematicidas de mayor uso son formulaciones granulares y/o concentrados emulsificables de compuestos organofosforados y/o carbamatos y avermectinas (Pérez, 2019; Zatán, 2018).

Entre el grupo de nematicidas tenemos Carbamatos (Carbofuran y Oxamil) y Organofosforados (Terbufos, Etoproph, Fenamiphos, Cadusafos), los cuales actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa de los nematodos, los dos deben ser aplicados dos veces al año en promedio con dosis recomendada por cada casa comercial (Espinoza, 2017).

Estos agroquímicos son de banda roja y, por lo tanto, son muy perjudiciales tanto para el productor como para el agricultor, así como para el consumidor del producto final. Sin embargo, el uso de estos químicos es necesario, ya que los nematodos afectan drásticamente la producción de banano, disminuyéndola y bajando su calidad, lo que repercute en pérdidas económicas debido a los costos de producción (Pachacama, 2022).

2.5.3. CONTROL BIOLÓGICO

El control biológico es la regulación de la población de un organismo por medio de otro, todo organismo tiene uno o más antagonistas que lo eliminan o compiten con él. Los nematodos fitoparásitos coexisten en la rizosfera con muchos otros organismos de los cuales se han aislado e identificado muchos enemigos naturales de los nematodos y algún grado de control

biológico natural ocurren en los agroecosistemas (Cañizares y Pocasangre, 2003).

Dentro de este control se tiene la utilización de *Trichoderma spp* produce tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidios, estas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de esporas hasta la esporulación. Cuando es utilizado en el control de nematodos, éste tiene una gran capacidad de envolver al nematodo en micelio, y produce metabolitos que actúan como nematocida, tales como Trichodermin, Suzukacilina, Alamecina, Dermadina, entre otros (Medina, 2020).

2.6. CONTROL DETERMINADO CON BIOESTIMULANTE ORGÁNICO

En la actualidad, se ha suscitado un marcado interés en la exploración de elementos naturales con diversas funcionalidades, especialmente aquellos de origen vegetal que exhiben un contenido nutricional significativo y componentes fotoquímicos con variadas estructuras químicas y propiedades específicas (Calapiña, 2022).

El examen de los compuestos fenólicos ha captado la atención de la comunidad investigadora debido a su multifuncionalidad, que abarca desde la asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, fotosíntesis, formación de componentes estructurales hasta su papel como protector ambiental al enfrentar los daños provocados por agentes patógenos (Yáñez, 2022).

La metodología de extracción para los bioestimulantes se fundamenta en la separación de metabolitos como alcaloides, glucósidos, fenoles, terpenoides y flavonoides del material vegetal mediante la aplicación de solventes según procedimientos estándar (Tello, 2010; Díez et al., 2010). Este proceso tiene como objetivo aislar compuestos vegetales solubles, mientras se generan residuos celulares insolubles. La calidad del extracto obtenido se ve influida por diversos factores, entre los cuales se encuentran

las características del solvente de extracción, tales como su selectividad, solubilidad y costo (López, 2022).

2.6.1. BIOESTIMULANTE ORGÁNICO UTILIZADO PARA COMBATIR LOS NEMATODOS

En la evolución de las plantas los mecanismos naturales de protección contra las plagas, la mano del hombre no fue necesaria para su cuidado. Estas, tienen la capacidad de sintetizar metabolitos secundarios relacionados con los mecanismos de defensa. Estudios han constatado que las plantas desarrollan mecanismos de defensa contra el ataque de nematodos, bacterias, hongos, insectos y herbívoros o en la atracción de polinizadores y dispersores de semillas (Lara, 2019).

En el ámbito de las nuevas indagaciones sobre el control de nematodos, se está adoptando un enfoque de alternativas, como las sustancias químicas derivadas de extractos vegetales. Estas demostraron poseer un control efectivo sobre nematodos fitoparásitos sin generar inconvenientes para la salud humana y animal. Entre estas alternativas, se incluyen las plantas que liberan compuestos nematocidas en el suelo, ya sea durante su fase de crecimiento o como resultado de la descomposición de sus residuos. (Bardales, 2021).

2.6.2. USO Y SUS VENTAJAS DEL BIOESTIMULANTE CON EFECTO NEMATICIDA

La utilización de bioestimulante con efecto nematocida se basa en la aplicación de extractos vegetales que manifiestan actividad antagónica frente a hongos, insectos, nematodos y bacterias, ofreciendo, en algunos casos, una acción sinérgica contra múltiples plagas (Agrositio, 2016).

Este enfoque se configura como un recurso estratégico para fortalecer la protección de los cultivos. Una de las ventajas inherentes a este método radica en la posibilidad de obtener la materia prima directamente en la finca, permitiendo al agricultor la elaboración autónoma de los extractos. Además,

al tratarse de un producto natural, su degradación ocurre con mayor celeridad, mitigando así el riesgo de contaminación de suelos y aguas. Este enfoque evidencia una eficaz integración de métodos sostenibles en la gestión agrícola (Palacios, 2014).

Las plantas tienen compuestos activos que pueden servir como materia prima para industrias farmacéuticas. Actualmente, más de la mitad de los medicamentos disponibles se basan en productos naturales, ya que la enorme diversidad química, la disponibilidad de los antioxidantes y las técnicas de aislamiento e identificación, permiten detectar moléculas con potencial biocida, así mismo, otra de sus ventajas es que además de ser un tratamiento alternativo, es económicamente viable, sostenible y ambientalmente aceptable (Castro et al., 2022).

2.7. LA RESPONSABILIDAD AMBIENTAL SOBRE EL USO DE PLANTAS

El Plan Nacional de Buen Vivir, contempla que el acceso a la tierra debe cumplir con la función social y ambiental. La función ambiental de la tierra implica que ésta procure la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas; que permita la conservación y manejo integral de cuencas hidrográficas, áreas forestales, bosques, ecosistemas frágiles como humedales, páramos y manglares, que respete los derechos de la naturaleza y del buen vivir; y que contribuya al mantenimiento del entorno y del paisaje (Núñez, 2017).

2.8. BIOESTIMULANTE ORGÁNICO BRUGNEM

Se trata de un bioplaguicida altamente efectivo de origen orgánico, compuesto por alcaloides y enriquecido con nitrógeno, calcio, potasio, proteínas y bacterias benéficas. Gracias a su elevado contenido de alcaloides, este producto exhibe potencial como agente nematocida, insecticida, bactericida y fungicida, sustentado en su capacidad inhibitoria de la síntesis de proteínas, la transmisión de RNA, la depresión del sistema

nervioso central, propiedades oxitóxicas, anti arrítmicas e hipoglicemiantes (Grupo Grandes, 2022).

Entre las propiedades distintivas de los alcaloides, se destaca su actividad nematocida, causando una mortalidad del 93,3 y 96,7 por ciento en larvas expuestas de *Radopholus similis* y *Helicotylenchus multicinctus*, respectivamente. Asimismo, demuestra actividad antifúngica, mostrando eficacia en el control de *Mycrosporium canis* y *Trichophytom rubrum*, y fungistática al retardar el desarrollo y multiplicación del *Penicullium digitatum* en determinadas frutas (Grupo Grandes, 2022).

2.8.1. MEDIDAS FITOSANITARIAS

Es un nematocida plasmonemático de origen orgánico obtenido a través del proceso de fermentación de la fracción orgánica de bacterias específicas pertenecientes a la especialización Lacto-Levo. Los componentes nematocidas activos son extraídos, preservados y potenciados mediante procesos enzimáticos. Este agente presenta un efecto de penetración en capas y atraviesa las cutículas, con sus ingredientes activos dirigidos a mitigar el estrés en las plantas y frenar los daños mecánicos causados por nematodos, tanto ectoparásitos como endoparásitos (Bautista et al., 2015).

El efecto de las sustancias activas en BRUGNEM es sobre la vida y el metabolismo reproductivo de las plagas, el proceso del estado de los menores y adultos. Suprime, neutraliza y elimina las poblaciones de *Meloidogyne incognita*, *M. javaica*, *Hoplolaimus sp.*, *Rotylenchus sp.*, *Pratylenchus sp.*, *Rotylenchus sp.*, *Tylenchus semipenetrans*, *Radhopolus similis* y *Trichodorus sp* (Grupo Grandes, 2022).

- Características físico - químicas y riquezas garantizadas:

Nitrógeno total 3,49%p/v

Calcio (Ca) 2,03%p/v

Proteína 18,50%p/v

Carbohidratos	10,03%p/v
Alcaloides	1,55%p/v
pH	3,6

2.8.2. MODO DE EMPLEO

BrugNem, un bioestimulante versátil, demuestra ser recomendable para cultivos intensivos y extensivos, así como en diversos sistemas de riego. Su aplicación puede llevarse a cabo mediante la incorporación en el agua de riego, directamente en el caudal de agua o a través de sistemas de fertirrigación. Este producto puede ser empleado vía edáfica, abarcando una amplia gama de cultivos, como frutales, cítricos, subtropicales, plataneras, hortícolas, viveros y ornamentales (Grupo Grandes, 2022).

En cuanto a su uso y precauciones, es importante destacar que BrugNem no presenta inflamabilidad ni corrosividad. No obstante, se aconseja almacenarlo en un lugar fresco, seco y herméticamente cerrado, conservándolo en su envase original y fuera del alcance de niños, así como alejado de alimentos y bebidas. En el contexto específico de cultivos de banano, se recomienda su aplicación a una concentración de 8 L/ha para obtener resultados óptimos (Grupo Grandes, 2022).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el sitio “Los Casados”, perteneciente al Cantón Junín. Las coordenadas geográficas son latitud sur 0°54'26.0", longitud Oeste 80°16'02.4", como se muestra en la Figura 3.1. (Google Earth, 2023; Sistema Nacional de Información [SNI], 2023).

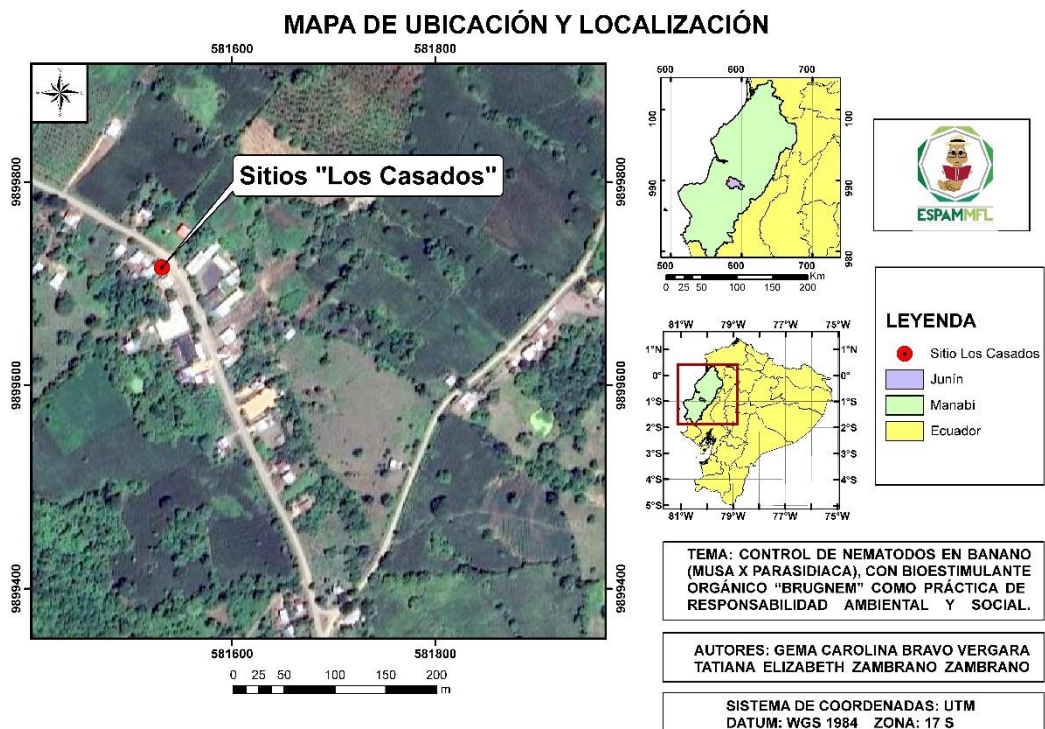


Figura 3.1. Ubicación del sitio “Los Casados”

Fuente: Google Earth (2023), SNI (2023)

3.2. DURACIÓN

Esta investigación tuvo una duración de 9 meses, a partir de la aprobación de la planificación del trabajo de integración curricular.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **EXPERIMENTAL**

Se llevó a cabo una investigación de tipo experimental, la cual se enfocó en el análisis riguroso del comportamiento de un bioestimulante orgánico específico en el contexto del cultivo de banano, con el propósito de evaluar su eficacia en el control de nematodos. Este enfoque experimental permitió la manipulación controlada de variables para obtener datos precisos y confiables que contribuirán al avance del conocimiento en esta área específica (Velázquez, 2020).

- **DESCRIPTIVA**

Esta investigación permitió detallar las características fundamentales de las respuestas generadas por el bioestimulante, evaluando su eficacia en el control de nematodos en plántulas de banano mediante distintas dosificaciones. La metodología descriptiva empleada facilitó un análisis minucioso de los efectos observados, ofreciendo una visión completa de cómo el bioestimulante afecta el comportamiento de las plántulas ante la presencia de nematodos (Guevara et al., 2020).

3.3.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

El método bibliográfico fue empleado de manera sustancial en este estudio, permitiendo la recopilación sistemática de información esencial de fuentes como libros, revistas científicas y tesis. Este proceso de recopilación de conocimiento desempeñó un papel integral en la construcción del marco teórico de la investigación, proporcionando una base sólida y documentada para sustentar las diversas perspectivas y fundamentos que guiaron el desarrollo del estudio (Landín y Sánchez, 2019).

3.4. TÉCNICAS

3.4.1. OBSERVACIÓN

La observación, es una de las técnicas necesarias dentro de la investigación, ya que permite al investigador tener información de primera mano con solo observar, e identificar el cambio que presenten las raíces del banano durante el proceso de inoculación, los cambios biológicos que permitió la verificación de la investigación, mediante la guía de observación se identificó de manera preliminar sucesos que puedan ser observados a simple vista, como manejo y tecnologías aplicadas en el proceso del cultivo de banano (Sánchez et al. , 2021).

3.4.2. ENTREVISTA

La entrevista, como herramienta esencial en el ámbito de la investigación, desempeña un papel crucial al posibilitar la recopilación de datos cualitativos. Este método implica el establecimiento de diálogos estructurados con diversos agricultores especializados en el cultivo de banano, con el objetivo de obtener información detallada acerca de las prácticas de manejo y el funcionamiento inherente a este cultivo (Díaz et al., 2013).

3.4.3. FICHEROS

Santos (2022), Sánchez (2011) y Camacho (2003) mencionan que los ficheros son utilizados para la recolección de los datos, dentro de esta investigación permitió tener un conteo de raíces funcionales y muertas en documentos físicos, lo que facilitó la organización de información y también los ficheros constó de información como porcentaje de nodulación y necrosis.

3.4.4. EXPERIMENTACIÓN

Esta técnica fue utilizada al realizar las tareas de campo como es la siembra y el comportamiento de los colinos de banano durante la ejecución de la investigación.

3.4.5. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

El análisis estadístico permitió resumir y sintetizar los datos obtenidos facilitando la comprensión de los mismos, esto se llevó a cabo mediante el programa estadístico InfoStat y Microsoft Excel Versión 2016. Las técnicas estadísticas dentro de esta información ayudaron a tabular los datos obtenidos para escoger el mejor tratamiento de una forma más eficiente (Micheli, 2009).

3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental constó de tres plántulas de banano alojadas en fundas de polietileno de 7x11 pulgadas

El total de unidades experimentales estuvo compuesto por 48 conjuntos, donde cada conjunto contenía tres plántulas de banano sometidas al mismo tratamiento. Estas unidades experimentales se distribuyeron equitativamente entre los diferentes tratamientos y repeticiones, siguiendo la estructura de un diseño completamente al azar (DCA).

3.6. VARIABLES DE ESTUDIOS

3.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Control de Nematodos en banano.

3.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Bioestimulante orgánico BrugNem.

3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.7.1. FASE I: ANÁLISIS DEL EFECTO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM, PARA EL CONTROL DE NEMATODOS EN PLÁNTULAS DE BANANO

- **ACTIVIDAD 1. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL SUELO**

Se llevó a cabo un análisis de laboratorio siguiendo los procedimientos descritos por Schweizer (2011). Se tomaron muestras de suelo de cada unidad experimental en cada tratamiento, cada una con una cantidad determinada de 1 kg, para su análisis químico y biológico. Los parámetros químicos evaluados incluyeron pH, fósforo, potasio y materia orgánica (MO). La determinación biológica del suelo se realizó de acuerdo con lo expuesto por Aguilar et al. (2016), identificando la determinación del recuento de poblaciones de nematodos presentes.

- **ACTIVIDAD 2. DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS DE ACUERDO AL DISEÑO EXPERIMENTAL**

Las plántulas de banano utilizadas en el estudio fueron obtenidas del vivero comercial ubicado en el sitio San Pablo, cantón Quevedo. Posterior al trasplante de las plántulas, de 7 semanas de edad, en fundas, se las sometió a un período de cuatro meses de estrés hídrico en condiciones adversas, caracterizadas por deficiencia de nutrientes, limitada rotación de sombra y elevadas temperaturas, tal como menciona Vargas y Valle (2011).

Se empleó suelo previamente analizado y se procedió a la siembra de 40 plántulas de banano en fundas de polietileno de 7x11 pulgadas, siguiendo las recomendaciones de (Zenner y Peña, 2013; Hasen, 2017). Estas plántulas se ubicaron en un área apartada dentro de un predio controlado, ubicado en el sector “Los Casados”, perteneciente al cantón Junín.

Cada planta se rotuló con su respectivo tratamiento y las dosis fueron suministradas cada 15 días posterior al análisis, disolviendo en 200 ml de agua la dosis para cada planta (Díaz, 2019). Es decir, se aplicaron los tratamientos al día 0 (posterior al análisis preliminar), a los 30 días se analizó el conteo, a los 45 días se aplicó nuevamente los tratamientos y a los 60 días se realizó el análisis final.

- **ACTIVIDAD 3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS NEMATODOS SOBRE LAS PLANTAS DE BANANO**

Se aplicaron los procedimientos descritos por Calle et al (2017), para evaluar los daños ocasionados por nematodos. Previo a la aplicación de los tratamientos se hizo un análisis de suelo, luego a partir del mes de aplicación de los tratamientos se partió con una población establecida de nematodos, lo que permitió comparar si hubo control de daños a los 60 días de aplicación de los tratamientos.

- **ACTIVIDAD 4. CUANTIFICACIÓN DE LOS NEMATODOS POR EXTRACCIÓN DE LAS RAÍCES**

Se llevó a cabo la identificación de nematodos siguiendo los procedimientos descritos por Crespo (2019). La extracción de las raíces se efectuó lavando con agua corriente, cortando en secciones de 1 a 2 centímetros y pesando 25 gramos de raíces. Posteriormente, las muestras fueron enviadas al laboratorio "Análisis Nematológicos para el Agro ANEMAGRO S.A." para el respectivo análisis nematológico.

- **ACTIVIDAD 5. TABULACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

Una vez obtenidos los resultados del análisis en el laboratorio, se procedió a evaluar los supuestos de normalidad y homogeneidad antes de realizar un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, siguiendo las recomendaciones de Moreno (2008). El objetivo principal de este análisis

estadístico fue determinar qué tratamiento tuvo un mayor efecto sobre los nematodos.

El cumplimiento del supuesto de homogeneidad, según Barbara (2022), se refiere a la uniformidad de las variables entre los diferentes grupos de la muestra. Es crucial para garantizar la validez de los resultados en un análisis estadístico. Se buscó verificar si existían diferencias significativas entre los grupos en términos de las variables evaluadas.

Se aplicó la transformación de datos mediante la raíz cuadrada, siguiendo la metodología propuesta por McDonald (2014), misma, que indica utilizar este proceso, en caso de que al evaluar un supuesto no se cumpla; donde se volvió a comprobar con los datos transformados los supuestos para asegurar la validez de los resultados y proceder con el análisis de varianza.

3.7.2. FASE II: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BRUGNEM EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

- **ACTIVIDAD 1. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELOS DE CADA UNO DE LAS PARCELAS POR TRATAMIENTO AL AZAR**

La selección de las muestras para los análisis químicos se realizó de acuerdo con los requisitos establecidos por el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2006), los cuales detallan lo siguiente:

- ✓ En cada plántula se tomaron submuestras distribuidas de manera uniforme por tratamiento, con un peso de 20 gramos cada una.
- ✓ Se utilizaron herramientas como una palita para extraer el suelo. Además, se requirió un balde limpio, fundas plásticas y una adecuada rotulación.
- ✓ Antes de la extracción, se limpió la superficie donde se tomó la muestra. Se realizó un hoyo en forma de V con una profundidad

de 20 cm, del cual se extrajo una porción de suelo con un espesor de 2 a 3 cm de uno de sus lados.

- ✓ Usando un cuchillo o machete, se retiraron los bordes del hoyo, dejando una submuestra de 5 cm de ancho.
- ✓ La submuestra se depositó en fundas de Ziploc de 1 kg para su mezcla manual. Posteriormente, se envió 1 kg de suelo con su correspondiente rotulación para su análisis.

- **ACTIVIDAD 2.- DESARROLLO DEL ANÁLISIS QUÍMICO PARA DETERMINAR IFLUENCIA DE BRUGNEM EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO**

Se realizaron tres análisis de suelo, uno previo a la aplicación de los tratamientos, y los restantes a los 45 y 60 días. Los ensayos realizados abarcaron varios parámetros, incluyendo la medición del pH (en agua), conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica (M.O.), concentración de amonio (ppm de NH_4), niveles de fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), boro (B), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), así como las relaciones Ca/Mg, la Relación Mg/K y la relación $(\text{Ca}+\text{Mg}) / \text{K}$; proporcionando así una visión de la salud del suelo, según lo mencionado por Nix (2024).

El análisis químico de suelos es una herramienta crucial que se puede vincular estrechamente con la incorporación de un nematicida. Este análisis es esencial para diagnosticar problemas nutricionales, establecer recomendaciones de fertilización y monitorear la fertilidad del suelo (Molina, 2014). De acuerdo con Molina (2014) y Acevedo et al (2020), también permite determinar los niveles nutricionales presentes en el suelo, lo que resulta fundamental para desarrollar programas de fertilización efectivos y controlar los cambios en la fertilidad debido a la explotación agrícola y la aplicación de fertilizantes.

- **ACTIVIDAD 3. TABULACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL SUELO**

Se compararon los resultados del análisis del suelo usado en la siembra de las plántulas de banano, con la finalidad de detectar los posibles cambios en la composición química. Se determinó la tendencia de estos cambios, ya sea en aumento, disminución o estabilidad, mediante el cálculo del cambio porcentual de los valores (Pawlik y Czernia, 2024).

$$\%V = \frac{X_1 - X_0}{|X_0|} * 100 \quad (3.1.)$$

Ecuación 3.1. Cambio Porcentual

Fuente: Pawlik y Czernia (2024).

Donde:

- $\%V$ = Variación o Cambio Porcentual
- X_1 = Valor Nuevo
- X_0 = Valor antiguo
- $|X_0|$ = Número absoluto del valor antiguo

Así mismo se determinó si los valores resultantes están dentro del rango óptimo para cultivo de banano para cada parámetro (Hidalgo, 2016), mismos que se pueden evidenciar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Rangos óptimos de parámetros químicos para cultivo de banano

Parámetro	Rango	Unidad
pH (en agua)	5,5-7,5	--
Conductividad Eléctrica	0,5 a 2,5	ds/m
Materia Orgánica (M.O.)	> 1,2	%
Amoniaco (NH ₄)	2 – 10	Ppm
Fósforo (P)	10 – 40	Ppm
Azúfre (S)	10 – 30	Ppm
Potasio (K)	195 – 585	Ppm
Calcio (Ca)	800 – 4000	Ppm
Magnesio (Mg)	150 – 2160	Ppm
Cobre (Cu)	2 – 20	Ppm
Boro (B)	0,5 – 2	Ppm
Hierro (Fe)	10 – 100	Ppm
Zinc (Zn)	2 – 20	Ppm
Manganeso (Mn)	5 – 50	Ppm
Relación Ca/Mg	2 – 5	--
Relación Mg/K	2,5 – 15	--
Relación (Ca+Mg)/K	10 – 40	--

Fuente: Hidalgo (2016).

Así mismo, se realizó un ANOVA en el Diseño Completamente al Azar para los datos de los monitoreos NPK, donde se comprobaron los supuestos y se realizó el análisis de varianza correspondiente con los parámetros indicados en el presente documento.

- **ACTIVIDAD 4. TABULACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.**

El análisis de normalidad se utiliza para determinar en qué medida difiere la distribución de los datos (Molina, 2022) Para comprobar este supuesto, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk. Según lo mencionado por Casanoves et al. (2012), Pérez López (2011) y Dietrichson (2019), usando los residuos de los datos, se obtiene el valor de significancia "p-valor" para compararse con el nivel de significancia previamente establecido, determinando el cumplimiento del supuesto si este "p-valor" llega a ser mayor al nivel de significancia se puede aceptar la hipótesis nula, misma que defiende la

distribución normal de los datos. Así mismo, en la prueba se refleja un valor "W" tal como menciona Sheski (2011), el autor explica que entre más cercano a uno mayor es su cercanía a un valor normal.

La verificación de la homogeneidad se realizó mediante la prueba de Levene. Según Ortiz (2017), esta prueba utiliza los errores absolutos de los datos para determinar si el valor de significancia o "p-valor" obtenido es mayor que el nivel de significancia establecido previamente. En caso afirmativo, se acepta la hipótesis nula (que la variabilidad de los datos sea igual), cumpliendo el supuesto de homogeneidad.

Al finalizar el análisis estadístico, en caso de detectarse diferencias significativas, se procedió a realizar la prueba de diferencias de medias entre grupos Tukey, la cual ayudó a categorizar mediante la utilización de letras, dispuestas de mayor a menor acorde a las medias (Maurandi et al., 2019).

3.7.3. FASE III. REALIZACIÓN DE CHARLAS DE LAS ALTERNATIVAS FITOSANITARIAS (NEMATICIDAS) A LOS PRODUCTORES BANANEROS, COMO UNA PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL, BASADOS EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL USO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM

- **ACTIVIDAD 1.- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ALTERNATIVAS FITOSANITARIAS NEMATICIDAS Y PREPARACIÓN DE MATERIAL DE APOYO**

Se realizó una revisión de opciones fitosanitarias, enfocándose en nematicidas biológicos, extractos de plantas, microorganismos beneficiosos y técnicas culturales, utilizando una variedad de fuentes científicas, incluidos estudios recientes, revisiones y literatura especializada (Salas, 2019; Vásconez et al., 2020). Esta investigación buscó agentes fitosanitarios alternativos, sus métodos y su aplicación en entornos agrícolas, destacando tanto su eficacia como posibles limitaciones (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015).

Este proceso se llevó a cabo como parte de una investigación bibliográfica, un método sistemático y que involucra la recopilación, revisión y análisis de información de fuentes bibliográficas como libros, revistas científicas, tesis e informes técnicos (Avila et al, 2019; Flores y Díaz, 2021); para la preparación de material de apoyo al momento de realizar la charla los resultados a agricultores.

La investigación bibliográfica es esencial para fundamentar teóricamente un estudio, identificar lagunas en el conocimiento y orientar futuras investigaciones, lo cual crucial en la búsqueda de alternativas fitosanitarias sostenibles para la agricultura (Elizalde et al., 2020).

- **ACTIVIDAD 2.- CHARLA A PRODUCTORES**

Se emprendió el desarrollo de una capacitación destinado a los productores, centrándose en las alternativas fitosanitarias disponibles y sus beneficios ambientales y sociales. Estos programas abordaron aspectos teóricos y prácticos, proporcionando información actualizada sobre las alternativas fitosanitarias más efectivas y sostenibles. Se fomentó la comprensión de los beneficios ambientales y sociales asociados con la adopción de prácticas fitosanitarias alternativas tal como recomendó la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2013), del cual para la charla a productores se centraron temas en planificación de los recursos de tierras, e información y educación para la agricultura. Los temas que se trataron fueron:

- Introducción a fitosanitarios
- Efectos de los nematodos al banano
- Alternativa sostenible para control de nematodos en banano
- Introducción, beneficios, recomendaciones y uso de BrugNem
- Bioseguridad al manejar productos orgánicos

Este proceso involucró la creación de materiales didácticos claros y accesibles, sesiones informativas y demostraciones prácticas en el proceso de las plántulas. Se destacó la importancia del manejo integrado de plagas para optimizar la eficacia y minimizar los riesgos ambientales.

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación se ajusta a un Diseño Completamente al Azar (DCA), tomando en cuenta las características del ensayo la cual consta de 3 tratamientos con BrugNem, más 1 tratamiento utilizando insecticida / nematicida sistémico “Keeper”, en 3 repeticiones para la elección de la mejor dosis de BrugNem.

Para el desarrollo del análisis de varianza se siguió el siguiente esquema:

Tabla 3.2. Esquema de análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
Error experimental	8
Total	11

3.8.1. TRATAMIENTO

Tabla 3.3. Descripción de las concentraciones de los tratamientos

Tratamientos	Concentraciones	Repeticiones
T ₁	2,5 cc de BrugNem /planta	3
T ₂	5 cc de BrugNem /planta	3
T ₃	7,5 cc de BrugNem /planta	3
T ₄	Nematicida Químico comercial (1 cc/planta)	3

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Finalizado el experimento se efectuó un análisis estadístico mediante la verificación de los supuestos de la normalidad y homocedasticidad de los tratamientos en estudio. Posterior a ello se escogieron las pruebas de comparación múltiple de medias con la finalidad de examinar cuáles medias son diferentes y determinar el efecto del mejor tratamiento.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE 1. ANÁLISIS DEL EFECTO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM, PARA EL CONTROL DE NEMATODOS EN PLÁNTULAS DE BANANO

Los resultados del análisis preliminar de la población de nematodos en el sustrato revelan una visión detallada de la abundancia y composición de nematodos fitoparásitos y de vida libre por cada 100 cm³ de suelo (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Análisis de Nematodos preliminares

Sustrato de suelo para análisis de nematodos preliminares								
Muestra	Nematodos fitoparásitos/100cm ³				Nematodos de vida libre/100cm ³ suelo			
	<i>Radoph.</i>	<i>Helicoty.</i>	<i>Pratylen.</i>	<i>Meloido.</i>	<i>Mononchus</i>	<i>Rhabditis</i>	<i>Dorylaimuc</i>	Saprófitos
1	500	6000	2000	1000	200	50	200	150

Los resultados revelan una presencia de nematodos fitoparásitos en todas las muestras analizadas, lo cual es especialmente relevante para el cultivo de banano. El conteo predominante de *Helicotylenchus*, seguida de *Pratylenchus*, *Radopholus* y *Meloidogyne*, destaca la presencia de especies conocidas por causar daños considerables en los cultivos de banano (Luc et al., 2001; Aguirre et al., 2016). Se sabe que estos nematodos pueden afectar negativamente el crecimiento de las plantas de banano, manifestándose en síntomas como marchitez, necrosis radicular y disminución en la producción de frutas (Lara et al., 2016; Peraza et al., 2020).

Los resultados promediados de los análisis nematológico a los 30 días (Tabla 4.2), reflejan el conteo de nematodos obtenido, se destaca el T₂ como el tratamiento que en promedio arroja la mayor presencia en el conteo de *Radopholus* (9300), *Helicotylenchus* (11100), *Pratylenchus* (2500) y *Meloidogyne* (1500) en los 30 días.

Tabla 4.2. Resultados de análisis nematológicos en 30 días

30 días de aplicación de BrugNem				
Tratamiento	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>
T1	3900	5400	1300	400
T2	9300	11100	2500	1500
T3	4700	6000	1800	700
T4	7600	8800	2000	900

- Los resultados de los análisis nematológico a los 60 días (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**), reflejan el conteo de nematodos obtenidos en las evaluaciones, se destaca que en los 60 días los conteos de *Meloidogyne* llegaron a valores de nula presencia.

Tabla 4.3. Resultados de análisis nematológicos en 60 días

60 días de aplicación de BrugNem				
Tratamiento	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>
T1	1533,333333	2800	333,3333333	400
T2	2400	3866,666667	600	0
T3	3000	3933,333333	733,3333333	0
T4	2866,666667	3933,333333	666,6666667	300

El análisis del cambio porcentual de las poblaciones de nematodos durante un período de 0 a 30 días revela efectos significativos de los tratamientos aplicados.

- T₁: Incremento significativo en *Radopholus* (promedio de aumento del 680%). Reducción de presencia de *Helicotylenchus* (promedio de disminución del 10%). *Pratylenchus* muestra un ligero reducción promedio del 35%, mientras que *Meloidogyne* experimenta una ligera disminución promedio del 60%.
- T₂: Aumentos en *Radopholus* (promedio de aumento del 1760%) y *Helicotylenchus* (promedio de aumento del 85%), *Pratylenchus* (promedio de aumento del 25%) y *Meloidogyne* (promedio de aumento del 50%)
- T₃: Aumento promedio del 840% en *Radopholus*, mientras que *Helicotylenchus* no muestra cambios. *Pratylenchus* y *Meloidogyne* experimentan reducciones promedio del 10% y 30%, respectivamente.

- T₄: Incrementos en *Radopholus* (promedio de aumento del 1420%) y *Helicotylenchus* (promedio de aumento del 46,67%). No hay cambios significativos en los conteos de *Pratylenchus* (promedio del 0%), pero *Meloidogyne* muestra una ligera disminución promedio del -10%.

Tabla 4.4. Cambio porcentual del conteo de nematodos a 0 y 30 días

Cambio Porcentual 0 a 30 días				
Tratamiento	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>
T1	680%	-10%	-35%	-60%
T2	1760%	85%	25%	50%
T3	840%	0%	-10%	-30%
T4	1420%	47%	0%	-10%

La Figura 4.1, reflejan de forma gráfica los resultados de la Tabla 4.4:

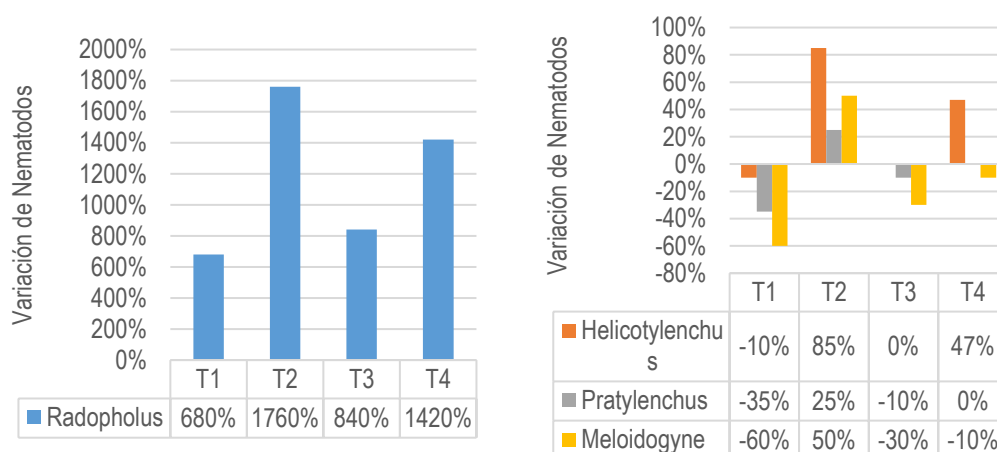


Figura 4.1. Cambio porcentual promedial por tratamiento a partir de 0 a 30 días

Los resultados de la presencia de nematodos desde los 0 a 30 días de aplicación demuestran disminuciones promedias de las poblaciones de nematodos que llegan al pico máximo del 60% de las poblaciones iniciales en los tratamientos. No obstante, se observa un incremento en el recuento de *Radopholus* exorbitante en todos los tratamientos, posiblemente debido al vacío ecológico causado por la reducción de otros nematodos. Este fenómeno se explica por el efecto de vacío ecológico, donde la disminución de una especie crea un espacio para que otras ocupen su nicho, como señalan Hraber y Milne (1997).

Se sugiere que *Radopholus* podría tener resistencia a los compuestos nematicidas o ser una especie oportunista, capaz de prosperar en entornos cambiantes y aprovechar oportunidades inesperadas (Garibay et al., 2022; Pereira et al., 2023) Sin embargo, Bridge y Starr (2007) y Sánchez et al. (2021) argumentan que los nematodos del género *Radopholus*, como *Radopholus similis*, muestran una notable adaptabilidad que les permite sobrevivir y reproducirse en entornos agrícolas desafiantes, pero sin ser considerados como una especie oportunista.

A pesar de ser considerados nematodos parásitos de plantas, su capacidad para tolerar compuestos nematicidas indica una adaptación robusta. Esto sugiere que podrían estar equipados con mecanismos fisiológicos y comportamentales que les permiten tolerar y, en algunos casos, beneficiarse de la disminución de la competencia en el suelo (Bridge y Starr, 2007; Rocha et al., 2020). Estos hallazgos resaltan la importancia de comprender la ecología y la adaptabilidad de las especies de nematodos en la gestión de plagas agrícolas, como lo enfatizan López (2007) y Atilio (2020).

La Tabla 4.5 muestra el cambio porcentual en el conteo de nematodos desde el inicio (0 días) hasta los 60 días después de la aplicación del tratamiento. Los cambios porcentuales observados son los siguientes:

- T₁: Aumento promedio del 207% en el conteo de *Radopholus*, con una disminución promedio del 53% en *Helicotylenchus*, del 83% en *Pratylenchus* y del 60% en *Meloidogyne*.
- T₂: Aumento promedio del 380% en el conteo de *Radopholus*, con disminuciones del 36% en *Helicotylenchus*, del 70% en *Pratylenchus* y del 100% en *Meloidogyne*.
- T₃: Aumento promedio del 500% en el conteo de *Radopholus*, con disminuciones del 34% en *Helicotylenchus*, del 63% en *Pratylenchus* y del 100% en *Meloidogyne*.

- T₄: Aumento promedio del 473% en el conteo de *Radopholus*, con disminuciones del 34% en *Helicotylenchus*, del 67% en *Pratylenchus* y del 80% en *Meloidogyne*.

Tabla 4.5. Cambio porcentual del conteo de nematodos a 0 y 60 días

Cambio Porcentual 0 a 60 días				
Tratamiento	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>
T1	207%	-53%	-83%	-60%
T2	380%	-35%	-70%	-100%
T3	500%	-35%	-63%	-100%
T4	473%	-34%	-67%	-80%

Estos resultados resaltan la variabilidad en la respuesta de las poblaciones de nematodos a diferentes tratamientos y su evolución a lo largo del tiempo. La Figura 4.2 muestra el cambio porcentual promedio por tratamientos desde el inicio (0 días) hasta los 60 días después de la aplicación del tratamiento.

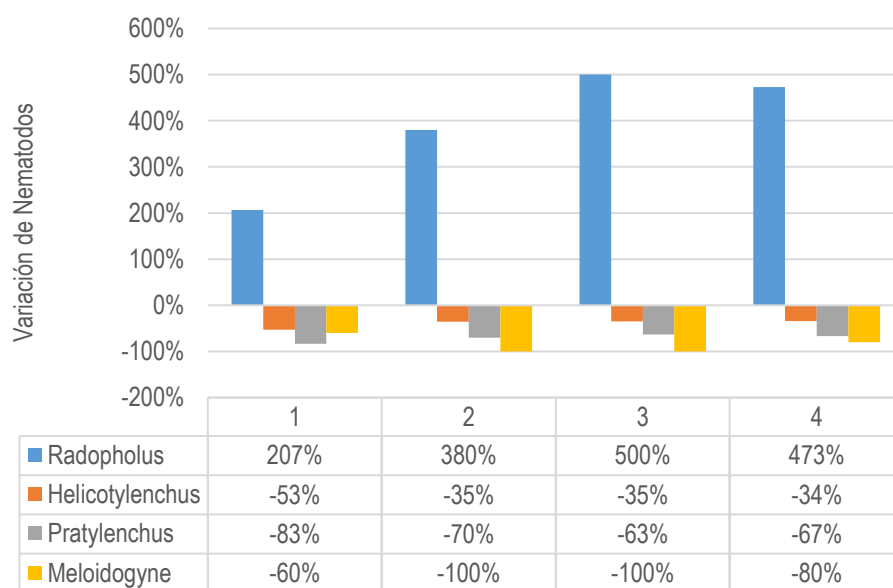


Figura 4.2. Cambio porcentual promedial por tratamientos a partir de 0 a 60 días

Los resultados del cambio porcentual desde el inicio hasta los 60 días muestran una tendencia al aumento de *Radopholus*, como se observó previamente en los resultados de 0 a 30 días de aplicación. Sin embargo, lo más relevante en este resultado es la reducción de las concentraciones de nematodos gracias a los tratamientos T₁, T₂ y T₃ (que corresponden a dosis

de Brugnem), superando el porcentaje promedio de reducción del T4 (Agroquímico Keeper).

La eficacia de Brugnem puede atribuirse a sus propiedades específicas, como su capacidad para penetrar en las capas del suelo y su acción dirigida a mitigar el estrés en las plantas y frenar los daños causados por los nematodos (Grupo Grandes, 2022). Además, según Méndez, (2020) y Rendón (2020), aunque el control químico es una de las opciones de manejo más utilizadas, conlleva riesgos para la salud humana, animal y ambiental debido a la bioacumulación de residuos en los alimentos y organismos del ecosistema afectado por su uso.

Así mismo, el uso de productos químicos aumenta la resistencia de las poblaciones consideradas plagas, altera y destruye tanto la microfauna como las especies beneficiosas en el suelo, favorece la resurgencia de poblaciones tratadas que presentan una mayor resistencia (como se evidenció en el caso de *Radopholus* en esta investigación) y puede provocar la aparición de plagas secundarias (Rendón, 2020).

Además, según Gómez et al. (2020), los nematicidas químicos contaminan tanto el agua como el suelo, generando un impacto significativo en la vida silvestre y en la calidad del agua subterránea. La toxicidad y la persistencia de estos productos están determinadas por una combinación de factores, incluyendo sus propiedades físicas y químicas, la cantidad aplicada, el tipo de formulación, así como el método y momento de aplicación (Monar, 2021). Por consiguiente, es posible que las concentraciones de nematicidas de origen químico permanezcan en el suelo durante períodos prolongados, incluso durante meses o años, aumentando así los riesgos para la vida silvestre y la calidad del agua subterránea (Montoya et al., 2013).

En la Tabla 4.6 se reflejan los resultados del análisis químico del suelo usado para la plantación de plántulas de banano y el cambio porcentual entre los dos análisis. Los resultados reflejan una media de reducción del 58,81% para *Radopholus*; una media de reducción del 49,88% para *Helicotylenchus*, una media del 70,50% para *Pratylenchus* y una del 72,73%

de *Meloidogyne*, lo que indica que la acción de los tratamientos se puede evidenciar acorde a la aplicación y al tiempo transcurrido.

Tabla 4.6. Cambio Porcentual del conteo de nematodos entre 30 y 60 días

Cambio Porcentual entre 30 y 60 días				
Tratamiento	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i> .
T1	-54,51%	-40,20%	-72,24%	0%
T1	-74,38%	-62,22%	-76,08%	-100%
T1	-33,66%	-32,74%	-60,19%	-100%
T4	-62,16%	-54,84%	-66,67%	-77,78%

Al promediar estos cambios porcentuales por tratamiento, se encuentran los siguientes resultados, graficados en la Figura 4.3.

- En el T₁, se destaca una disminución promedio del 54,51% en *Radopholus*, 40,20% en *Helicotylenchus*, 72,24% en *Pratylenchus* y 0% en *Meloidogyne*.
- En el T₂, se registra una disminución promedio del 74,38% en *Radopholus*, 62,22% en *Helicotylenchus*, 76,08% en *Pratylenchus*, y *Meloidogyne* desaparece completamente (100%).
- Para el T₃, se observa una reducción promedio del 33,66% en *Radopholus*, 32,74% en *Helicotylenchus*, 60,19% en *Pratylenchus*, y *Meloidogyne* también desaparece por completo (100%).
- Finalmente, en el T₄, se evidencia una disminución promedio del 62,16% en *Radopholus*, 54,84% en *Helicotylenchus*, 66,67% en *Pratylenchus*, y 77,78% en *Meloidogyne*.

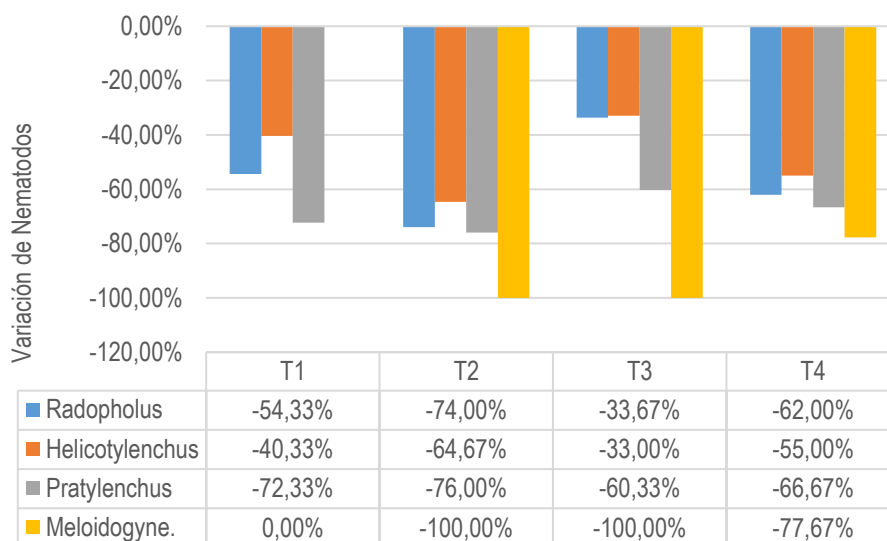


Figura 4.3. Variación porcentual entre resultados del análisis de 30 a 60 días promediado por tratamientos

De acuerdo con Neval Grupo Farmalent (2022) y Vera et al. (2022), aunque la infección de nematodos en el suelo no puede erradicarse por completo, puede ser controlada mediante la adición de materia orgánica o fertilizantes con microorganismos al suelo. Brugnem, por su origen orgánico y su enriquecimiento con nitrógeno, calcio, potasio, proteínas y bacterias beneficiosas (Grupo Grandes, 2022), demuestra ser efectivo en la reducción de la población de nematodos en el suelo con el tiempo, lo que puede atribuirse a la ocupación del sustrato que estos microorganismos pueden colonizar (Garibay et al. 2022).

Además, los compuestos activos presentes en Brugnem demuestran su eficacia como nematicida, como se evidencia en los casos de *Meloidogyne*, donde se logró una reducción promedio del 100% en los tratamientos T₂ y T₃, superando el promedio del tratamiento químico (T₄).

4.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN

- **SUPUESTO DE NORMALIDAD DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

Se confirmó mediante el test de Shapiro-Wilks que los datos de las poblaciones de nematodos sometidas a los 4 tratamientos cumplen el supuesto de normalidad, como se detalla a continuación:

- Para *Radopholus*, el valor de W^* es 0,93 con un valor p de 0,527. Lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Esto sugiere que los datos de *Radopholus* siguen una distribución normal.
- *Helicotylenchus* también presenta un valor de W^* de 0,96 con un valor p de 0,886. Lo que sugiere que los datos de *Helicotylenchus* no proporcionan suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad, indicando que también siguen una distribución normal.
- Para *Pratylenchus*, el valor de W^* es 0,93 con un valor p de 0,5605. Lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad.
- En cuanto a *Meloidogyne*, el valor de W^* es 0,92 con un valor p de 0,4601. Similar a las anteriores, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad, lo que sugiere que los datos de *Meloidogyne* también sigue una distribución normal.

Tabla 4.7. Test de Shapiro-Wilks en 30 días de aplicación

Variable	N	Media	D.E.	W^*	p Valor
<i>Radopholus</i>	12	0,00	1235,09	0,93	0,5270
<i>Helicotylenchus</i>	12	0,00	1746,16	0,96	0,8860
<i>Pratylenchus</i>	12	0,00	159,54	0,93	0,5605
<i>Meloidogyne</i>	12	0,00	141,42	0,92	0,4601

El cumplimiento del supuesto de normalidad es fundamental, ya que respalda la elección del ANOVA como la herramienta adecuada para analizar estadísticamente los datos. De acuerdo con Parrales (2024),

cuando los datos siguen una distribución normal, se facilita la interpretación de resultados estadísticos, así como al ser requerimiento para pruebas paramétricas, como la t de Student o el análisis de varianza, mismas que dan un resultado más sólidos y precisos frente a opciones no paramétricas.

Que los datos de los cuatros tipos de nematodos cumplan los supuesto de normalidad, permite tener seguridad al concluir resultados de la investigación. De acuerdo con Urrego (2023), la comprensión de la distribución normal de los datos permite a los investigadores obtener una comprensión más profunda de los fenomenos que se esten estudiando mediante la realización de inferencias solidas y la toma de desiciones basadas en evidencia estadistica.

- **SUPUESTO DE HOMOGENIEDAD DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

Se realizó la prueba de Levene para verificar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas en los análisis nematológicos a los 30 días de aplicación, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

- Para *Radopholus*, el valor de F es de 1,20 con un valor p de 0,3701.
- Para *Helicotylenchus*, el valor de F es de 1,10 con un valor p de 0,4051.
- Para *Pratylenchus*, el valor de F es de 1,90 con un valor p de 0,2073.
- Para *Meloidogyne*, el valor de F obtenido es de 2,30 con un valor p de 0,1537.

Estos resultados de las pruebas de Levene (Tabla 4.8) indican que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas para ninguna de las variables analizadas, lo que sugiere que las varianzas son similares entre los tratamientos para *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne* a los 30 días de aplicación.

Tabla 4.8. Pruebas de Levene para Análisis Nematológicos en 30 días de aplicación

Prueba de Levene para <i>Radopholus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	2516666,67	838888,89	1,20	0,3701
Error	8	5593333,33	699166,67		
Total	11	8110000,00			
Prueba de Levene para <i>Helicotylenchus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	4596666,67	1532222,22	1,10	0,4051
Error	8	11180000,00			
Total	11	15776666,67			
Prueba de Levene para <i>Pratylenchus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	66666,67	22222,22	1,90	0,2073
Error	8	93333,33	11666,67		
Total	11	160000,00			
Prueba de Levene para <i>Meloidogyne</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	63333,33	21111,11	2,3	0,1537
Error	8	73333,33	9166,67		
Total	11	136666,67			

De acuerdo con Correa et al. (2006) e Illowsky y Dean (2022), el supuesto de homogeneidad en el análisis estadístico implica que las varianzas entre los grupos en los que se divide la muestra sean iguales; este supuesto es fundamental para garantizar la calidad de los procedimientos estadísticos. En estadísticas, los análisis de varianza son modelos que intentan reflejar la realidad de una situación determinada. Sin embargo, según Ramiro (2011), esta técnica requiere que los términos de error del modelo lineal sean independientes, normalmente distribuidos y con varianzas homogéneas para todas las observaciones, condiciones que a menudo no se cumplen.

El cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad permite la utilización del análisis de varianza ANOVA, tal como mencionan Barbara (2022) y McDonald (2014). Al comparar el efecto de un bioestimulante orgánico con acción nematicida contra un agroquímico comercial para la reducción de nematodos, nos da la evidencia suficiente para comprobar quien es más eficiente. El bioestimulante orgánico, al poseer propiedades nematicidas, puede tener un impacto positivo en la salud y calidad del suelo al combatir la proliferación de nematodos, organismos que pueden afectar

negativamente el crecimiento de las plantas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Bulgari et al., 2015; Sud, 2020; Moens et al., 2009; Benton et al., 2021).

- **ANÁLISIS ANOVA DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

Al cumplirse los supuestos, se realizó el análisis de varianza para un diseño completamente al azar. Los resultados del análisis de varianza indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para las poblaciones de *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne* a los 30 días de aplicación, como se muestra en la Tabla 4.9.

- Para *Radopholus*, el valor de F obtenido es de 9,05 con un valor p de 0,006. Al ser menor que el grado de significancia (0,05) indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al efecto sobre la población de *Radopholus*.
- Para *Helicotylenchus*, el valor de F es de 4,98 con un valor p de 0,0309. Lo cual indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos sobre la población de este nematodo.
- Para *Pratylenchus*, el valor de F es de 21,14 con un valor p de 0,004. Hay evidencia suficiente para indicar diferencias significativas entre los tratamientos en los niveles de *Pratylenchus*.
- Para *Meloidogyne*, el valor de F obtenido es de 23,55 con un valor p de 0,0003. De manera similar, hay evidencia suficiente para indicar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos en los niveles de *Meloidogyne*.

Tabla 4.9. Análisis de Varianza DCA para aplicación de 30 días de aplicación

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Radopholus</i> (SC tipo III)					
FV	Gl	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	56962500,00	18987500,00	9,05	0,006
Error	8	16780000,00	2097500,00		
Total	11	73742500,00			

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Helicotylenchus</i> (SC tipo III)					
FV	Gl	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	62662500,00	20887500,00	4,98	0,0309
Error	8	33540000,00	4192500,00		
Total	11	96202500,00			

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Pratylenchus</i> (SC tipo III)					
FV	Gl	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	2220000,00	740000,00	21,14	0,004
Error	8	280000,00	35000,00		
Total	11	2500000,00			

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Meloidogyne</i> (SC tipo III)					
FV	Gl	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	1942500	647500	23,55	0,0003
Error	8	220000	27500		
Total	11	2162500			

Los presentes resultados indican diferencias entre el nematicida BrugNem (T₁, T₂ y T₃) y el nematicida químico KEEPER (T₄) en la reducción de los nematodos, proporcionando suficiente evidencia para poder determinar cuál tratamiento es más efectivo para eliminar nematodos en 30 días mediante la prueba Tukey.

De acuerdo con Torres (2023), en 2021 hubo una caída en las exportaciones de banano en Ecuador, pasando de 380 millones de cajas vendidas el año anterior a aproximadamente 379,54 millones, debido a los elevados costos de insumos, principales agroquímicos, y a las pérdidas ocasionadas por las enfermedades.

Un resultado positivo en la prueba Tukey a favor de las dosis de BrugNem, sugiere que este nematicida podría reemplazar a los agroquímicos tradicionales. Tapia et al. (2022) mencionan que los nematicidas químicos representan una preocupación ambiental y de salud, debido a la acumulación de residuos y el impacto negativo en la biodiversidad, por lo que es imperativo buscar alternativas más sostenibles.

- **PRUEBA TUKEY PARA *RADOPHOLUS* DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

El tratamiento con la media más alta (9300,00) corresponde al T₂, al cual se le asigna la letra de significancia "A", mientras que el T₁ (3900,00) y T₃ (4700,00) obtiene la categoría más baja con la letra "B". Estos resultados sugieren que los tratamientos más efectivos para reducir la población de *Radopholus* son el T₁ y T₃, ya que tienen la media más baja de nematodos, reflejando su eficacia en su control (Tabla 4.10).

Tabla 4.10. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de *Radopholus*

Tratamiento	Media	Tamaño de Muestra	Error Estándar	Letras de Significancia
T2	9300,00	3	836,16	A
T4	7600,00	3	836,16	AB
T3	4700,00	3	836,16	B
T1	3900,00	3	836,16	B

Los resultados de la Tabla 4.10 están graficados en la Figura 4.4 se evidencia el comportamiento de los cuatro tratamientos acorde a los resultados de la prueba Tukey, demostrando gráficamente que los de menor conteo de nematodos estadísticamente hablando fueron dentro del T₁ y T₃.

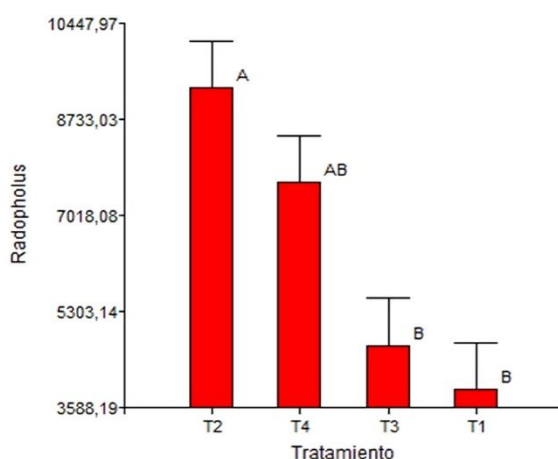


Figura 4.4. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de *Radopholus*

De acuerdo con Van et al., (2020), la reducción de nematodos de forma efectiva permite la mejoría de la salud y el rendimiento de la planta, de forma menos tóxica para la planta, el humano y el medio ambiente. Viveros et al.

(2022), por otro lado, advierten de la importancia económica, ya que los nematodos *Radopholus* pueden afectar hasta un 48% del peso seco total de la plántula y la longitud de la raíz, siendo esta última vital para la absorción de nutrientes durante su crecimiento.

- **PRUEBA TUKEY PARA *HELICOTYLENCHUS* DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

El tratamiento con la media más alta (11100,00) corresponde al T₂, al cual se le asigna la letra de significancia "A", mientras que el T₁ (5400,00) obtiene la categoría más baja con la letra "B". Estos resultados sugieren que los tratamientos más efectivos para reducir la población de *Helicotylenchus* son el T₁, ya que tienen la media más baja de nematodos.

Tabla 4.11. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de *Helicotylenchus*

Tratamiento	Media	Tamaño de Muestra	Error Estándar	Letras de Significancia
T2	11100,00	3	1182,16	A
T4	8800,00	3	1182,16	AB
T3	6000,00	3	1182,16	AB
T1	5400,00	3	1182,16	B

Los resultados de la Tabla 4.11 son reflejados en la Figura 4.5 donde se evidencia el comportamiento de los 4 tratamientos acorde a los resultados de la prueba Tukey, demostrando gráficamente que los de menor conteo de nematodos estadísticamente hablando fue el T₁.

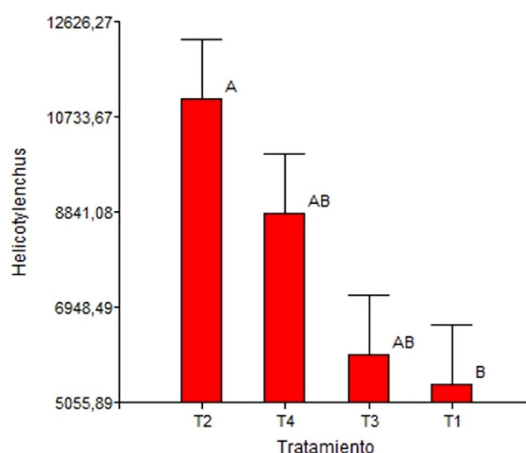


Figura 4.5. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de *Helicotylenchus*

Un tratamiento nematicida organico más efectivo que uno inorganico (como el T₁ frente al T₄) para combatir o controlar varios tipos de nematodos, representa una solución sostenible y más atractiva para el agricultor.

De acuerdo con López et al. (2022), en Ecuador, la necesidad de abastecer la demanda de banano a nivel mundial orillan a los agricultores a abusar de dosis constantes de agroquímicos para controlar las plagas, lo que repercute de negativamente a la actividad biológica del suelo. Así mismo , López et al. (2022), Aguirre et al. (2016), y Bardales (2021) explican que las condiciones de alta humedad, suelo francos arcillosos y la aplicación de nematicidas, incrementan las poblaciones de nematodos, como *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*.

- **PRUEBA TUKEY PARA PRATYLENCHUS DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

El tratamiento con la media más alta (2500,00) corresponde al T₂, al cual se le asigna la letra de significancia "A", mientras que el T₁ (1300,00) obtiene la categoría más baja con la letra "C". Estos resultados sugieren que los tratamientos más efectivos para reducir la población de *Pratylenchus* son el T₁, ya que tienen la media más baja de nematodos. (Tabla 4.12).

Tabla 4.12. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de *Pratylenchus*

Tratamiento	Media	Tamaño de Muestra	Error Estándar	Letras de Significancia
T2	2500,00	3	108,01	A
T4	2000,00	3	108,01	B
T3	1800,00	3	108,01	B
T1	1300,00	3	108,01	C

En la Figura 4.6 se evidencia el comportamiento de los cuatro tratamientos acorde a los resultados de la prueba Tukey, demostrando gráficamente que los de menor conteo de nematodos estadísticamente hablando fue el T₁.

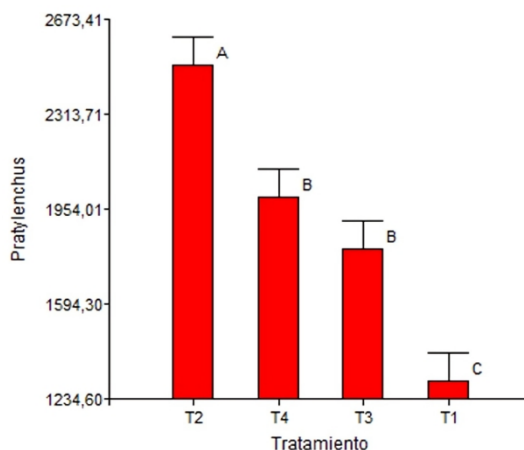


Figura 4.6. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de *Pratylenchus*

De acuerdo con Montero (2022), los *Pratylenchus* se manejan tradicionalmente a través de nematicidas sintéticos al suelos, con altos índices de contaminación a fuentes hídrica. Y aunque los fertilizantes y agroquímicos en la producción bananera son necesarios, la resistencia de las plagas y las enfermedades asociadas cada vez se vuelven más difíciles de tratar, debido a la naturaleza parasitaria en las raíces de los nematodos (Vivas et al. , 2022).

Optar por opciones orgánicas que limiten la contaminación y eviten la generación de resistencia es vital para una agricultura sostenible, permitiendo un equilibrio óptimo entre capacidad productiva, y cuidado medio ambiental, con altos beneficios a la sociedad (Ramos, 2023).

- **PRUEBA TUKEY PARA *MELOIDOGYNE* DE DATOS OBTENIDOS A 30 DÍAS DE APLICACIÓN**

El tratamiento con la media más alta (1500,00) corresponde al T₂, al cual se le asigna la letra de significancia "A", mientras que el T₁ (400,00) obtiene la categoría más baja con la letra "C". Estos resultados sugieren que los tratamientos más efectivos para reducir la población de *Meloidogyne* son el T₁, ya que tienen la media más baja de nematodos.

Tabla 4.13. Prueba Tukey para resultados a los 30 días de *Meloidogyne*

Tratamiento	Media	Tamaño de Muestra	Error Estándar	Letras de Significancia
T2	1500	3	95,74	A
T4	900	3	95,74	B
T3	700	3	95,74	BC
T1	400	3	95,74	C

Los resultados de la Tabla 4.13 son reflejados en la Figura 4.7 donde se evidencia el comportamiento de los 4 tratamientos acorde a los resultados de la prueba Tukey, demostrando gráficamente que los de menor conteo de nematodos estadísticamente hablando fue el T₁.

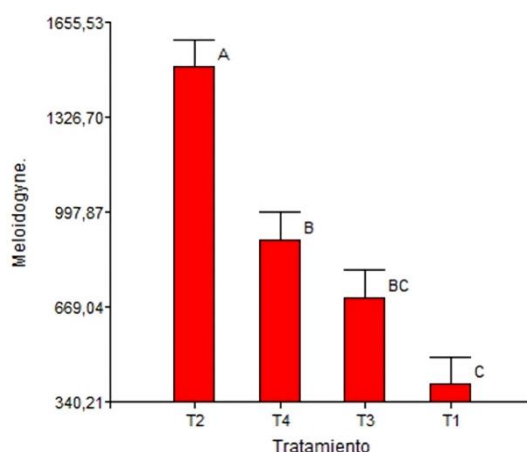


Figura 4.7. Gráfico de barras del Tukey para resultados a los 30 días de *Meloidogyne*

Meloidogyne provoca pérdidas de calidad en la planta y el producto, afectando la economía, y desencadenando una serie de necesidades de agroquímicos que provocan daños al medio ambiente a corto y largo plazo (Encarnación, 2022); Azlay et al., 2023; Pacheco et al., 2019).

Los resultados del análisis de varianza y la prueba Tukey reflejan que el tratamiento con mejor resultados de forma general fue el tratamiento T₁ (2,5 cc de BrugNem /planta) debido a que en los 4 tipos de nematodos destaca con la menor cantidad de media en el conteo de los mismos.

Sin embargo, es importante considerar las características ambientales y los posibles impactos que cada producto puede tener en el medio ambiente. Según su ficha técnica, Keeper es nocivo para organismos acuáticos y el

ambiente en general, con datos de toxicidad para peces, dafnias, aves y abejas, donde incluso dosis bajas causan efectos letales (Agroquímicos Rivas, 2017).

En contraste, BrugNem, al ser un nematicida orgánico, podría representar una alternativa más segura y respetuosa con el medio ambiente. Su capacidad para igualar los efectos del nematicida químico en el control de nematodos sugiere que podría ser una opción viable para reemplazar productos agroquímicos que generan impactos ambientales negativos. De Acuerdo con Garibay et al. (2022), los productos orgánicos no solo tienden a ser menos tóxicos, sino que también pueden contribuir a la mejora de la salud del suelo y la biodiversidad.

La era de los agroquímicos está llegando a su ocaso, ya que el mercado busca opciones más sostenibles que no generen contaminación ni afecten la salud humana al consumir alimentos tratados con estos productos, ni perjudiquen el medio natural a través de la infiltración de compuestos químicos a fuentes hídricas o pérdida de biodiversidad. (Pacheco et al., 2019; Benton et al., 2021). Así mismo, como Tapia et al. (2022) mencionan, el uso prolongado de agroquímicos puede inducir a la resistencia de poblado nematodo.

4.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN

- **SUPUESTO DE NORMALIDAD DE DATOS OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilks (Tabla 4.14) que para *Radopholus* y *Helicotylenchus*, los valores de p son 0,1306 y 0,1817 respectivamente, lo que sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Del mismo modo, para *Pratylenchus*, el valor de p es mayor que 0,05, indicando una distribución normal. Sin embargo, para *Meloidogyne*, el valor de p es significativamente menor que 0,0001, lo que indica una falta de normalidad en los datos.

Tabla 4.14. Test de Shapiro-Wilks en 60 días de aplicación

Variable	n	Media	D.E.	W*	p Valor
<i>Radopholus</i>	12	0,00	1,14	0,94	0,1306
<i>Helicotylenchus</i>	12	0,00	1,20	0,94	0,1817
<i>Pratylenchus</i>	12	0,00	235,85	0,96	0,1844
<i>Meloidogyne</i>	12	0,00	147,71	0,69	< 0,0001

Esta falta de normalidad en los datos de *Meloidogyne* puede atribuirse al predominio de valores cero debido a la reducción parcial o total de las concentraciones preliminares del nematodo, como se ilustra en la Figura 4.2. Según Hair et al. (2019), esta falta de normalidad puede afectar la validez de los análisis estadísticos paramétricos, como las pruebas de ANOVA, lo que puede conducir a resultados poco confiables y sesgados si no se tienen en cuenta estas condiciones.

La reducción del conteo en los 60 días demuestra que el efecto del nematicida afecta principalmente a *Meloidogyne*. Este nematodo es una de las plagas agrícolas que más pérdidas de calidad, rendimiento de cultivos y mayor sensibilidad al huésped al estrés biótico y abiótico que afecta a nivel global; así mismo gracias a su requerimiento de uso de nematicidas (principalmente de origen químico) provoca que su uso sea una preocupación socioambiental (Azlay et al., 2023).

Para mitigar estos problemas, es fundamental buscar alternativas más sostenibles y menos perjudiciales. El uso de nematicidas biológicos, como BrugNem, ofrece una solución viable al reducir la dependencia de químicos y minimizar el impacto ambiental (Pacheco et al., 2019; Acosta, 2021; Bulgari et al., 2015).

- **SUPUESTO DE HOMOGENIEDAD DE DATOS OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

Se realizó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas en los análisis nematológico realizados a los 60 días de aplicación. Los resultados se detallan a continuación:

- Para *Radopholus*, el valor de p obtenido es 0,0263, lo que sugiere evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los tratamientos para este nematodo.
- En el caso de *Helicotylenchus*, el valor de p es 0,103, lo que indica que no se dispone de suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. No se puede concluir que existan diferencias significativas en las varianzas entre los tratamientos para *Helicotylenchus*.
- Respecto a *Pratylenchus*, el valor de p obtenido es 0,481, lo que sugiere una falta de evidencia para rechazar la hipótesis nula. No se puede afirmar que existan diferencias significativas en las varianzas entre los tratamientos para *Pratylenchus*.
- Por último, para *Meloidogyne*, el valor de p es 0,001, indicando evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los tratamientos. Las varianzas de las muestras correspondientes a los diferentes tratamientos para *Meloidogyne* son significativamente diferentes.

Tabla 4.15. Pruebas de Levene para Análisis Nematológicos en 60 días de aplicación

Prueba de Levene para <i>Radopholus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	4,26	1,42	5,31	0,0263
Error	8	2,14	0,27		
Total	11	6,40			
Prueba de Levene para <i>Helicotylenchus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	3,05	1,02	2,88	0,103
Error	8	2,83	0,35		
Total	11	5,88			
Prueba de Levene para <i>Pratylenchus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	59022,63	19674,21	0,9	0,481
Error	8	174296,89	21787,11		
Total	11	233319,52			
Prueba de Levene para <i>Meloidogyne</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	159787,31	53262,44	15,98	0,001
Error	8	26666,77	3333,35		
Total	11	186454,08			

La prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas reveló que, para *Meloidogyne*, el valor de p fue 0,001, indicando diferencias significativas en las varianzas entre los tratamientos. Esto sugiere que las variabilidades entre los grupos son desiguales, lo que podría comprometer la validez de los análisis estadísticos subsiguientes (Montgomery et al., 2012).

En base a la falta de normalidad y homogeneidad de varianza, y siguiendo las recomendaciones de las referencias citadas respecto a la transformación de datos, se decidió excluir *Meloidogyne* de los análisis estadísticos subsiguientes. Esta exclusión es crucial para garantizar la validez y la interpretación precisa de los resultados, evitando posibles sesgos en las conclusiones del estudio.

No obstante, la reducción parcial o total de las concentraciones de *Meloidogyne* indica que, en el lapso de 60 días de aplicación, los cuatro tratamientos son capaces de erradicar la presencia de estos nematodos. El género *Meloidogyne* tiene la capacidad de afectar los tejidos vasculares de la raíz, lo que resulta en la reducción de la absorción de nutrientes y agua al inducir agallas en el tejido radical del banano (Moens et al., 2009). Esto, a largo plazo, debilita la planta, reduce el rendimiento, el crecimiento y la producción de frutos, además de provocar clorosis en el follaje (Romero et al., 2019).

Los avances en los procesos de control de plagas agrícolas pueden reducir la dependencia de los agroquímicos, cuyas composiciones tóxicas generan impactos negativos en el medio ambiente.

- **ANÁLISIS ANOVA DE DATOS OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

Los resultados del Análisis de Varianza se presentan en la Tabla 4.16 indican que:

- Para *Helicotylenchus*, el valor de F obtenido es de 0,47 con un valor p de 0,712. Esto indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay efecto significativo del tratamiento en los niveles de *Helicotylenchus* a los 60 días de aplicación de los tratamientos.
- Para *Pratylenchus*, el valor de F es de 0,62 con un valor p de 0,6193. De manera similar, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay efecto significativo del tratamiento en los niveles de *Pratylenchus* a los 60 días de aplicación de los tratamientos.

Tabla 4.16. Análisis de Varianza DCA para aplicación de 60 días de aplicación

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Helicotylenchus</i> (SC tipo III)					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	2,79	0,93	0,47	0,712
Error	8	15,84	1,89		
Total	11	18,63			

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Pratylenchus</i> (SC tipo III)					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	143133,67	47711,22	0,62	0,6193
Error	8	611868,00	76483,50		
Total	11	755001,67			

Los resultados indicaron que el uso de BrugNem podría equipararse al uso de Keeper para controlar o reducir las poblaciones de nematodos, lo que respalda la idea de que BrugNem, como bioestimulante orgánico, podría representar una opción más favorable para el medio ambiente debido a sus componentes no tóxicos y su capacidad para lograr efectos de control de plagas similares a los de los agroquímicos.

Los agroquímicos, aunque son ampliamente utilizados en la agricultura, presentan efectos negativos, como la destrucción de poblaciones de hongos y bacterias beneficiosas que contribuyen a la disponibilidad de nutrientes para las plantas y ayudan en la gestión de enfermedades (Benton et al., 2021). Esto puede conducir a la pérdida de biodiversidad tanto en los ecosistemas terrestres como subterráneos, afectando las cadenas tróficas (FoodPrint, 2021) y contribuyendo a la degradación del suelo al perturbar los hábitats de insectos y otros invertebrados, lo que a su vez perjudica a

los microorganismos responsables de la descomposición de materia orgánica, un proceso vital para enriquecer el suelo (Sud, 2020).

Según Firbank et al. (2008), la reducción de la fertilidad del suelo por la pérdida de biodiversidad está relacionada con el uso de fertilizantes nitrogenados, los cuales pueden dispersarse en escorrentías superficiales o subterráneas, alterando la composición del agua y promoviendo el crecimiento descontrolado de algas, un fenómeno conocido como eutrofización. Esto reduce el oxígeno disuelto en el agua, creando zonas muertas que resultan inhabilitadas para las especies acuáticas.

- **TRANSFORMACIÓN DE DATOS MEDIANTE RAÍZ CUADRADA, PARA LOS DATOS OBTENIDOS DE RADOPHOLUS A LOS 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

Se realizó la transformación de datos mediante Raíz Cuadrada, para los datos obtenidos de *Radopholus* a los 60 días de aplicación de los tratamientos, mediante el programa de InfoStat, tal como se evidencia en la **Tabla 4.17**.

Tabla 4.17. Resultados de Transformación mediante Raíz Cuadrada de datos de *Radopholus*

Transformación de Datos de <i>Radopholus</i>		
Tratamiento	Datos originales	Transformación por Raíz Cuadrada
T1	1000	31,622777
T1	1600	40
T1	2000	44,72136
T2	3000	54,772256
T2	2000	44,72136
T2	2200	46,904158
T3	2400	48,989795
T3	2600	50,990195
T3	4000	63,245553
T4	1000	31,622777
T4	2000	44,72136
T4	5600	74,833148

De acuerdo con Rojas (2022), la transformación de datos asegura que los datos se ajusten a los supuestos de los modelos estadísticos; siendo que, gracias a este procesos datos que no cumplen los supuestos, se pueden

utilizarse para análisis estadísticos como regresión, correlación, t de student y análisis de varianzas.

- **SUPUESTO DE NORMALIDAD DE DATOS TRANSFORMADOS POR LA RAÍZ CUADRADA DE OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

En la **Tabla 4.18** se presenta el resultado del test de Shapiro-Wilks para los datos transformados por la raíz cuadrada de *Radopholus*. El valor obtenido para W^* es de 0,95 con un valor p de 0,7817. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. En otras palabras, los datos transformados por la raíz cuadrada de *Radopholus* parecen seguir una distribución normal, lo que sugiere que esta transformación ha logrado aproximarse a la normalidad en los datos originales.

Tabla 4.18. Shapiro-Wilks con datos Transformados por Raíz Cuadrado de *Radopholus*

Variable	n	Media	D.E.	W^*	p Valor
<i>Radopholus</i>	12	0,00	0,34	0,95	0,7817

El cumplimiento del supuesto de normalidad, posterior a la transformación de los datos da luz verde a realizar pruebas paramétricas, como el análisis de varianza (King y Eckersley, 2019).

- **SUPUESTO DE HOMOGENIEDAD DE DATOS TRANSFORMADOS POR LA RAÍZ CUADRADA DE OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

En la **Tabla 4.19** se presenta el resultado de la prueba de Levene para los datos transformados por la raíz cuadrada de *Radopholus*. El valor de F obtenido es de 3,49 con un valor p de 0,0701 para el tratamiento. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los tratamientos para los datos transformados. En otras palabras, los datos transformados por la raíz cuadrada de *Radopholus* muestran una homogeneidad de varianzas entre los tratamientos, lo que sugiere que esta transformación ha sido efectiva para igualar las varianzas

y cumplir con el supuesto de homogeneidad de varianzas en el análisis estadístico.

Tabla 4.19. Prueba de Levene con datos transformados por raíz cuadrada de *Radopholus*

Prueba de Levene para <i>Radopholus</i>					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	0,3	0,1	3,49	0,0701
Error	8	0,23	0,03		
Total	11	0,53			

Después de la transformación de datos, cumplir con la homogeneidad de la varianza permite a los investigadores llevar a cabo pruebas paramétricas porque si se viola el supuesto en cuestión, se pueden producir estimaciones sesgadas, conclusiones engañosas, un aumento en la tasa de error (dando falsos positivos) y una disminución en la potencia estadística de las pruebas estadísticas (disminuyendo la capacidad de detectar efectos reales) (Ramachandran y Tsokos, 2021).

- **ANÁLISIS ANOVA DE DATOS OBTENIDOS A 60 DÍAS DE APLICACIÓN**

En la **Tabla 4.20** se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para los datos transformados por la raíz cuadrada de *Radopholus*.

El valor de F obtenido para el tratamiento es de 0,85 con un valor p de 0,5042. Esto indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay efecto significativo del tratamiento en la población de *Radopholus*. En otras palabras, los diferentes tratamientos nematicidas no tienen un efecto significativo en la población de *Radopholus*, según el análisis de varianza realizado con los datos transformados.

Tabla 4.20. Análisis de Varianza con datos transformados por raíz cuadrado de *Radopholus*

Cuadro de Análisis de la Varianza para <i>Radopholus</i> (SC tipo III)					
FV	GI	Sc	Cm	Fc	p-valor
Tratamiento	3	0,4	0,13	0,85	0,5042
Error	8	1,24	0,16		
Total	11	1,64			

Tal como el caso de los datos originales a 60 días de aplicación de los tratamientos, al momento de transformar los datos se detectaron que no presentan diferencias significativas entre sus efectos, homologando el desempeño estadístico de las 3 dosis de Brugnem con la dosis recomendada del agroquímico Keeper, fortaleciendo la premisa de Brugnem como un replazo más amigable con el medio ambiente.

Como señalan Benton et al. (2021), FoodPrint (2021), Sud (2020) y Firbank et al. (2008), los agroquímicos provocan una serie de efectos adversos, como la destrucción de organismos beneficiosos que contribuyen a la disponibilidad de nutrientes, la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo, lo que a largo plazo resulta en la disminución de la fertilidad del suelo.

De acuerdo con la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences [NAS], 2021), las interconexiones entre la agricultura, la biodiversidad y el medio ambiente deben esfuerzos para cambiar los sistemas alimentarios, aumentando la cantidad de formas de mejorar la producción agrícola, biodiversidad y resiliencia ambiental.

4.2. FASE II: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BRUGNEM EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

El análisis de las propiedades químicas y biológicas del suelo se lo realizó mediante el Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario, conocido como AGROLAB (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**).

En la **Tabla 4.21** se reflejan los resultados del análisis químico del suelo usado para la plantación de plántulas de banano y el cambio porcentual entre los 2 análisis.

Tabla 4.21. Cambio Porcentual de Análisis Químicos

Parámetro	Primer Análisis Químico		Segundo Análisis Químico		Cambio Porcentual	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Porcentaje	Tendencia
pH (en agua)	8,2	--	6,99	--	-14,76%	Disminución
Conductividad Eléctrica	0,5	ds/m	1,13	ds/m	126,00%	Aumento
Materia Orgánica (M.O.)	2,79	%	3,29	%	17,92%	Aumento
Amonio (ppm de NH ₄)	25,15	ppm	33,53	ppm	33,32%	Aumento
Fósforo (P)	99,56	ppm	105,34	ppm	5,81%	Aumento
Azufre (S)	11,42	ppm	96,2	ppm	742,38%	Aumento
Potasio (K)	837	ppm	770	ppm,	-7,94%	Disminución
Calcio (Ca)	2805,6	ppm	3807,6	ppm	35,71%	Aumento
Magnesio (Mg)	364	ppm	396	ppm	9,03%	Aumento
Cobre (Cu)	2,4	ppm	1,8	ppm	-25,00%	Disminución
Boro (B)	1,01	ppm	1,4	ppm	38,61%	Aumento
Hierro (Fe)	80,6	ppm	32,3	ppm	-59,93%	Disminución
Zinc (Zn)	3,3	ppm	5,7	ppm	72,73%	Aumento
Manganeso (Mn)	6,1	ppm	6,4	ppm	4,92%	Aumento
Relación Ca/Mg	4,68	--	5,83	--	24,57%	Aumento
Relación Mg/K	1,4	--	1,65	--	17,86%	Aumento
Relación (Ca+Mg)/K	7,94	--	11,3	--	42,32%	Aumento

Los resultados expresados en la **Tabla 4.21** se lo pueden visualizar gráficamente en la **Figura 4.8**



Figura 4.8. Gráficos comparativos de resultados de análisis químico de suelo

Los resultados encontrados demuestran que, dentro de los parámetros analizados, el 76% de las cualidades químicas del suelo aumentó sus valores. Sin embargo, el 24% restante disminuyeron sus valores iniciales, estos parámetros son:

- El pH, que pasó de 8,2 (suelo alcalino) a 6,99 (suelo neutro), siendo un 14,76% de disminución a sus valores iniciales.
- El Potasio del suelo, pasó de 837 ppm a 770 ppm, representando una disminución del 7,94%.
- El Cobre presentó una disminución del 25% de su valor inicial (2,4 ppm a 1,8 ppm)

- El Hierro en el suelo de una concentración de 80,6 ppm pasó a 32,3 ppm, siendo un 59,93% de disminución a sus valores iniciales.

Al momento de comparar los resultados químicos de los dos análisis con los rangos óptimos de la **Tabla 3.1**, se observaron las siguientes distribuciones en la **Tabla 4.22**.

PRIMER ANÁLISIS:

- 71% de los parámetros se encontraron dentro del rango óptimo.
- 24% de los parámetros estaban por encima del rango óptimo (alto).
- 6% de los parámetros estaban por debajo del rango óptimo (bajo).

SEGUNDO ANÁLISIS:

- 65% de los parámetros se encontraron dentro del rango óptimo.
- 24% de los parámetros estaban por encima del rango óptimo (alto).
- 12% de los parámetros estaban por debajo del rango óptimo (bajo).

Tabla 4.22. Comparación de resultados químico con Rangos Óptimos

Parámetro	Rango	Unidad	Primer Análisis Químico	Clasificación	Segundo Análisis Químico	Clasificación
pH (en agua)	5,5-7,5	--	8,2	Alto	6,99	Óptimo
Conductividad Eléctrica	0,5 a 2,5	ds/m	0,5	Óptimo	1,13	Óptimo
Materia Orgánica (M.O.)	> 1,2	%	2,79	Óptimo	3,29	Óptimo
Amoníaco (NH ₄)	2-10	ppm	25,15	Alto	33,53	Alto
Fósforo (P)	10 – 40	ppm	99,56	Alto	105,34	Alto
Azufre (S)	10 – 30	ppm	11,42	Óptimo	96,2	Alto
Potasio (K)	195 – 585	ppm	837	Alto	770	Alto
Calcio (Ca)	800 – 4000	ppm	2805,6	Óptimo	3807,6	Óptimo
Magnesio (Mg)	150 – 2160	ppm	364	Óptimo	396	Óptimo
Cobre (Cu)	2 – 20	ppm	2,4	Óptimo	1,8	Bajo
Boro (B)	0,5 – 2	ppm	1,01	Óptimo	1,4	Óptimo
Hierro (Fe)	10 – 100	ppm	80,6	Óptimo	32,3	Óptimo
Zinc (Zn)	2 – 20	ppm	3,3	Óptimo	5,7	Óptimo
Manganeso (Mn)	5 – 50	ppm	6,1	Óptimo	6,4	Óptimo
Relación Ca/Mg	2 – 5	--	4,68	Óptimo	5,83	Óptimo
Relación Mg/K	2,5 – 15	--	1,4	Óptimo	1,65	Bajo
Relación (Ca+Mg)/K	10 – 40	--	7,94	Bajo	11,3	Óptimo

El análisis químico revela cambios significativos en las propiedades del suelo que influyen directamente en la nutrición de las plantas de banano. Se observa un aumento notable en la materia orgánica, fósforo, azufre, calcio, magnesio y zinc. Estos nutrientes son fundamentales para el crecimiento saludable del banano, ya que desempeñan roles clave en procesos metabólicos como la fotosíntesis, la formación de proteínas y el desarrollo de raíces fuertes (Lal, 2009).

Aunque se registran algunas disminuciones en parámetros como el pH, potasio, cobre y hierro, es importante destacar que estos valores aún se mantienen dentro de rangos aceptables para el cultivo del banano. Sin embargo, es crucial monitorear de cerca estos cambios y tomar medidas correctivas si es necesario para garantizar una nutrición óptima de las

plantas, tal como recomienda Gomiero et al. (2011) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018).

Los cambios observados en las propiedades del suelo también tienen implicaciones positivas para el medio ambiente. El aumento en la materia orgánica indica una mejora en la estructura del suelo y la retención de humedad, lo que reduce la erosión del suelo y promueve la biodiversidad microbiana beneficiosa (Pimentel y Burgess, 2013). Además, el incremento en nutrientes como el fósforo, calcio y magnesio puede reducir la necesidad de fertilizantes sintéticos, disminuyendo así el riesgo de contaminación del suelo y agua subterránea (Lichtfouse, 2021).

4.3. FASE III. REALIZACIÓN DE CHARLAS DE LAS ALTERNATIVAS FITOSANITARIAS (NEMATICIDAS) A LOS PRODUCTORES BANANEROS, COMO UNA PRÁCTICA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL, BASADOS EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL USO DEL BIOESTIMULANTE BRUGNEM

Esta fase se llevó a cabo el 31 de enero de 2024 en la parroquia de Junín, ubicada en la provincia de Manabí, específicamente en el sitio "Los Casados" (**Anexo 3**). Durante este evento, se llevaron a cabo varias iniciativas con el fin de motivar a los agricultores bananeros a adoptar prácticas fitosanitarias más conscientes y sostenibles. Se distribuyeron folletos técnicos con información sobre el producto Brugmen, que es una opción fitosanitaria que se destaca por su enfoque orgánico y su capacidad para reemplazar el uso de productos químicos peligrosos en el manejo de nematodos.

La realización de la charla, exponiendo los resultados obtenidos se concibe como un espacio esencial para fomentar el acercamiento entre los diversos actores que conforman la comunidad, donde se comparte desde conocimientos hasta experiencias científicas o empíricas, promoviendo así la colaboración entre ambas partes (Saez et al., 2022).

La charla se enfocó en la distribución de material informativo y la realización de presentaciones destacando las ventajas del uso de Brugmen en términos de rendimiento agrícola, tanto por hectárea como por cuadra. Además, se resaltaron los beneficios sociales y ambientales de este producto, enfatizando su carácter orgánico. Esto implica que los agricultores no están expuestos a químicos perjudiciales para ellos, así como para el medio ambiente y están optando por prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con la biodiversidad local.

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de estudios científicos y reportes técnicos relevantes, lo que permite una contextualización precisa en relación con investigaciones previas tal como menciona Martín y Lafuente (2017). Además, se diseñó material de apoyo, incluyendo presentaciones visuales y gráficos explicativos, con el fin de comunicar de manera eficaz los diversos beneficios agrícolas, ambientales y sociales a diversas audiencias. Esto se alinea con la importancia de la charla de los resultados en la investigación, según lo sugerido por Cohen y Gómez (2019).

En esta etapa, no solo se buscó informar a los productores sobre una alternativa fitosanitaria, sino también fomentar un cambio de paradigma hacia prácticas agrícolas más responsables y en línea con los principios de justicia social y conservación ambiental. Se enfatizó la importancia de una responsabilidad compartida en la protección del medio ambiente y la promoción del bienestar de las comunidades agrícolas locales, además de los aspectos técnicos del producto.

Este enfoque se fundamenta en la comprensión de que la intensificación de la productividad agrícola mediante el uso de energía de combustibles fósiles ha generado consecuencias ambientales significativas, como la degradación del suelo y el riesgo de contaminación del agua y la atmósfera con agroquímicos y gases de efecto invernadero, tal como explica Rizo et al. (2017). Sin embargo, los mismos autores reconoce que la producción agropecuaria puede contribuir al desarrollo sostenible si se orienta hacia la

producción de alimentos saludables a precios accesibles, la generación de empleo y la reducción de riesgos para la salud y la pobreza.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El bioestimulante BrugNem demostró ser efectivo en el control de nematodos fitoparásitos en plántulas de banano. El BrugNem homologa y superan el efecto de un agroquímico con propiedades nematicidas, destacando el Tratamiento de 2,5 cc de Brugnem /planta en la reducción en la población de nematodos del género *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne*, lo que respalda su eficacia como una alternativa viable para el manejo de nematodos en la producción de banano, por su potencial para mejorar el rendimiento y la salud de las plantas.
- BrugNem demostró influencia en algunas propiedades del suelo, se observó un aumento general en las cualidades químicas del suelo, lo que indica un impacto positivo en la nutrición de las plantas de banano.
- Se destacó la importancia de la charla de alternativas fitosanitarias como parte de una práctica de responsabilidad ambiental y social en la producción de banano, resaltando los beneficios agrícolas, ambientales y sociales de BrugNem. además, la aceptación y disposición de los productores para adoptar prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente sugieren un cambio positivo hacia la agricultura responsable en la comunidad bananera.

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar estrategias de manejo integrado de plagas que prioricen el uso de productos orgánicos y biodegradables como BrugNem, minimizando así la contaminación del suelo y el agua con agroquímicos nocivos.
- Realizar investigaciones con diferentes épocas, tipo de bananos y dosis de BrugNem, así mismo implementar mayor número de

unidades experimentales con el propósito de analizar mejor las diferencias significativas entre los tratamientos.

- Promover prácticas agrícolas responsables que fomenten la conservación del suelo y la biodiversidad local, destacando el papel del bioestimulante BrugNem en la mejora de la salud del suelo, la reducción de la erosión y como alternativa fitosanitaria, mediante el establecimiento de programas de educación ambiental dirigidos a agricultores y comunidades locales para crear conciencia sobre los beneficios ambientales del uso de BrugNem y la importancia de la protección del medio ambiente en la agricultura sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, Á., Cárdenas, J. y Martín, A. (2024). Agroecological planning of productive systems with functional connectivity to the ecological landscape matrix: two Colombian case studies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 1-17. doi:10.3389/fsufs.2024.1257540
- Acevedo, I., Sánchez, A. y Mendoza, B. (2020). Evaluation of the level of soil degradation in two productive systems in the Quibor depression. I. Multivariate analysis. *Bioagro*, 59-66. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/3023>
- Acosta, M. (2021). Efecto de dos nematocidas para el control de nematodos en dos variedades de banano: cavendish y gran enano. Tesis de Grado, 1-56. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ACOSTA%20PINARGOTE%20MAURICIO%20JAVIER.pdf>
- Agroquímicos Rivas. (2017). Hoja de Seguridad Keeper. Obtenido de Agroquímicos Rivas Web Site: <http://agroquimicosrivas.com/assets/msds-keeper-2017.pdf>
- Agrositio. (2016). Productos de origen natural para la proteccion de cultivos. Obtenido de Agrositio: <https://www.agrositio.com.ar/noticia/179533-productos-de-origen-natural-para-la-proteccion-de-cultivos.html>
- Aguilar, W., Arce, P., Galiano, F. y Torres, T. (2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha. Edición Especial Biocontrol*, 5-14. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29s3/0379-3982-tem-29-s3-5.pdf>
- Aguirre, O., Chávez, C., Giraud, A. y Araya, M. (2016). Frequencies and population densities of plant-parasitic nematodes on banana (*Musa AAA*) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agronomía*

Colombiana, 34(1), 61-73. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180345625008.pdf>

Altieri, M. y Nicholls, C. (2018). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. doi:<https://doi.org/10.1201/9781482277937>

Amador, M., Molina, D. G., Parajeles, E. J. y Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 en el control del picudo del banano *Cosmopolites sordidus* en condiciones in vitro. *Agronomía Costarricense*, 39, 47-60. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242015000300047&script=sci_arttext

Andrade, C. C. y Poveda, G. (2020). Afectación a las exportaciones de banano ecuatoriano a causa de la pandemia por el COVID-19. Obtenido de Congreso Internacional Virtual sobre COVID-19. Consecuencias Psicológicas, Sociales, Políticas y Económicas: <https://www.eumed.net/actas/20/covid/4-afectacion-a-las-exportaciones-de-banano-ecuadoriano-a-causa-de-la-pandemia-por-el-covid19.pdf>

Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449. Quito, Ecuador: Imprenta del Gobierno. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Atilio, E. (2020). Sucesión Ecológica. Tendencia Esperadas. San Fernando del Valle de Catamarca: Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. Obtenido de <https://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/ecologia%202/Sucesion.pdf>

Avila, E., R. M. y Esteban, E. (2019). Reseña bibliográfica: proceder del investigador cualitativo: precisiones para el proceso de investigación.

- Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0., 23(1), 218–226. doi:<https://doi.org/10.46498/reduipb.v23i1.18>
- Azlay, L., El, M., Mayad, H. y Barakate, M. (2023). Biological management of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): a review. *Organic Agriculture*, 13(1), 99-117. doi:10.1007/s13165-022-00417-y
- Badische Anilin- und Soda-Fabrik [BASF]. (2022). Soluciones para el Cultivo de Banano. Obtenido de BASF Ecuador: <https://agriculture.basf.com/ec/es/proteccion-de-cultivo-y-semillas/cultivos/cultivo-de-banano.html#:~:text=La%20importancia%20del%20cultivo%20de%20banano%20en%20la%20econom%C3%ADa%20ecuatoriana,biliones%20de%20d%C3%B3lares%20en%202022.>
- Barbara, S. (2022). Prueba de homogeneidad - Introducción a la estadística. En S. D. Barbara Illowsky y R. University, *Introducción a la estadística*. Houston, Texas: OpenStax. Obtenido de OpenStax: <https://openstax.org/books/introducci%C3%B3n-estad%C3%ADstica/pages/11-4-prueba-de-homogeneidad>
- Bardales, A. (2021). Presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador. Tesis de pregrado. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo]. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10250/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000330.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bautista, L., Bolaños, M., Asakawa, N. y Villegas, B. (2015). Respuesta de fitonematodos de plátano *Musa AAB* Simmonds a estrategias de manejo integrado del suelo y nutrición. *Luna Azul* (40), 69-84. doi:<https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.6>.
- Benton, T., Bieg, C., Harwat, H., Pudasaini, R. y Wellesley, L. (2021). Food System Impacts on Biodiversity Loss: Three Levers for Food System

Transformation in Support of Nature. Energy, Environment and Resources Programme, 1-75. Obtenido de https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-02/2021-02-03-food-system-biodiversity-loss-benton-et-al_0.pdf

Berlitz, D., Knaak, N., Cassal, M. y Fiuza, L. (2014). Bacillus and Biopesticides in Control of Phytonematodes. En K. Sahayaraj, Basic and Applied Aspects of Biopesticides (págs. 3-16). New Delhi: Springer India. Obtenido de https://link.springer.com/10.1007/978-81-322-1877-7_1

Brevik, E. (2013). The Potential Impact of Climate Change on Soil Properties and Processes and Corresponding Influence on Food Security. *Agriculture*, 3(3), 398-417. doi:10.3390/agriculture3030398

Bridge, J. y Starr, J. (2007). Nematode Parasites of Bananas and Plantains. En M. Luc, R. A. Sikora y J. Bridge, Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture (págs. 569-592). Wallingford, Reino Unido: CABI Publishing. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2021-09/34401.pdf

Brusca, R., Moore, W. y Shuster, S. (2016). Invertebrates. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/zoologia-de-invertebrados-brusca-y-brusca-2005-6-pdf-free.html>

Bucki, P., Qing, X., Castillo, P., Gamliel, A., Dobrinin, S., Alon, T. y Braun, S. (2020). The Genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) in Israel: From Taxonomy to Control Practices. *Plants*, 9(11), 1475. doi:10.3390/plants9111475

Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P. y Ferrante, A. (2015). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture*

and Horticulture, 31(1), 1-17 .
doi:<http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>

Calapiña, R. (2022). Evaluación de Bioestimulantes en el Cultivo de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) en el Cantón Mejía, Provincia de Pichincha. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de grado. La Maná, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/8979/1/UTC-PIM-000527.pdf>

Calle, P., Gonzaga, D., Córdova, S., Morettia, E. y Nuñez, K. (2017). Manejo integrado de nematodos del cultivo de banano orgánico en Tumbes. Revista Peruana de Entomología, 52(1), 27-38. Obtenido de <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/1088/1060>

Calvo, P., Nelson, L. y Kloepper, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil, 3–41. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

Camacho de Báez, B. (2003). Metodología de la investigación científica: un camino fácil de recorrer para todos. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias de la Educación, Escuela de Idiomas. Obtenido de <https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/book/124>

Cando, C. (2019). Efectos del trinchado de raíces de banano (*Musa AAA*) sobre la masa radical y la densidad poblacional de nemátodos. Tesis de pregrado. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de Tesis de pregrado: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6137#:~:text=El%20trinchado%20de%20ra%C3%ADces%20de,la%20densidad%20poblacional%20de%20nematodos.>

- Cantos, E. (2020). Caracterización de géneros de nematodos fitoparásitos del suelo y raíz en café Caturra Rojo (*Coffea arabica*) - 24 de mayo, Manabí. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, 77. Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CANTOS%20ALVARADO%20EVELIN%20MELISA.pdf>
- Cañizares Monteros, C. A. y Pocasangre, L. E. (2003). Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nemátodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en plantaciones comerciales de plátano en la zona de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5562>
- Carreño, P. y Portilla, Y. (2020). El plátano y el banano: origen e influencia desde 1520 en el territorio llamado Colombia. Tesis de grado. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria San Mateo. Obtenido de <http://caoba.sanmateo.edu.co/jspui/handle/123456789/225>
- Casanoves, F., Balzarini, M., Di Rienzo, J., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2012). User Manual. Córdoba, Argentina: InfoStat.
- Casanueva Medina, K., Fernández González, E., Tejeda, M., Vidal, U. y Paredes Rodríguez, E. (2016). Malezas hospedantes de fitoparásitos en diferentes zonas productoras de banano y plátano en las provincias de Artemisa y La Habana. *Fitosanidad*, 20(3), 125-129. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209155121003.pdf>
- Castillo-Arévalo, T. (15 de 12 de 2022). Evaluación in vitro de hongos Hypocreales para el control de *Pratylenchus* ssp, *Scutellonema* ssp y *Helicotylenchus* ssp. *Revista Universitaria del Caribe*, 29(2), 107-112. doi:<https://doi.org/10.5377/ruc.v29i02.15253>

- Castro, L., Campos, R., Hernández, A., Reyes, A., Almarez, I. y Zepeda, A. (2022). En los nematodos de la familia Anisakidae, ¿ Es viable el uso de extractos vegetales como alternativa terapéutica? Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP, 8(16), 18-24. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/view/7619>
- Cedeño, G. y Vinueza, D. (2023). Evaluación de bioestimulantes radiculares en el cultivo de plátano *Musa paradisiaca* posterior al control de Nematodos en el Trópico Húmedo. Trabajo de Integración Curricular. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35998/1/T-ESPESD-003251.pdf>
- Cedeño, M. y Muñoz, S. (2017). Determinación de los costos del uso de nematicidas en el cultivo de banano en la hacienda Adriana Carolina, del cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Tesis de grado. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3351?mode=full>
- Chunzo, A. L. (2017). Extractos botánicos con potencial aplicación en el control de nematodos en el cultivo de banano. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11345>
- Cohen, N. y Gómez Rojas, G. (2019). Metodología de la investigación, ¿para qué?: la producción de los datos y los diseños. Buenos Aires, Argentina: Teseo.
- Correa, J. C., Iral, R. y Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianzas. Revista Colombiana de Estadística, 29(1), 57-76. Obtenido de https://www.emis.de/journals/RCE/V29/V29_1_57Correalral.pdf

- Cortez Falla, H. J. y Jabo Ancajima, A. (2022). Enfermedades que afectan la agroexportación de banano orgánico (*Musa paradisiaca*) en el Valle Del Chira, 2021. Tesis de Grado. Sullana, Perú: Universidad Nacional de Frontera. Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/552307420>
- Crespo, J. (2019). Actividad antagonista de PGPR en nematodos fitoparásitos *Pratylenchus* spp. y *Radopholus similis* en *Musa acuminata* (cavendish). Tesis de Grado. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c691d89e-ecea-4237-9b88-57b4aabf63a2/content>
- Daramola, F., Orisajo, S. M. y Marais, M. (2020). Molecular characterization of *Helicotylenchus multicinctus* and *H. dihystra* (Tylenchida: Hoplolaimidae) from *Theobroma cacao* in Nigeria. *Zootaxa*, , 4778, 343-356. doi:<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4778.2.6>
- De Oliveira, C., Almeida, N., Côrtes, M., Murillo, J., Da Rocha, M. y Ulhoa, C. (2021). Biological control of *Pratylenchus brachyurus* with isolates of *Trichoderma* spp. on soybean. *Biological Control*, 152, 104425. doi:10.1016/j.biocontrol.2020.104425
- De Pascale, S., Roupheal, Y. y Colla, G. (2017). Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science | Original article*, 86(6), 277-285. doi:10.17660/eJHS.2017/82.6.2
- Delgado, A., Navia, D. T. y Suárez, C. (2018). Efecto de Poblaciones del Nemátodo *Helicotylenchus multicinctus* sobre Cantidad de Raíces en Banano. . Primer Congreso Internacional Alternativas Tecnológicas para la Producción Agropecuaria Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana (págs. 5-9). Orellana, Ecuador: INIAP - Estación Experimental Central Amazónica. Obtenido de

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5405/1/nematodos%20raices%20banano.pdf>

Díaz Rivera, M. (2019). Manual Práctico para el Cultivo Sustentable del Plátano. Obtenido de Recinto Universitario de Mayagüez: <https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=15184>

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M. y Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. Investigación en educación médica, 2(7), 162-167. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es.

Dietrichson, A. (2019). Métodos Cuantitativos. Obtenido de Bookdown: <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/>

Díez, M., López, J., Urbano, P. y Bello, A. (2010). Biodesinfección de suelos y manejo agronómico. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - Gobierno de España. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/libro%20de%20biodesinfecci%C3%B3n_tc_m30-185072.pdf

Elizalde Rivera, Y. E., Toapanta Cherez, C. E. y Pomaquero Yuquilema, J. C. (2020). Importancia y relevancia de la ética en la investigación. Revista Imaginario Socia, 3(2), 40-51. doi:<https://doi.org/10.31876/is.v3i2.4>

Encarnación, C. (2022). Incidencia de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca* L.) En el Cantón Machala, Provincia de El Oro. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/63688>

- Espinoza Chunzho, A. (2017). Extractos botánicos con potencial aplicación en el control de nemátodos en el cultivo de banano. Examen complejo, 26. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11345>
- Fernández, L. (2023). ¿Qué son los nematodos: características, clasificación y ejemplo? Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-nematodos-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-2556.html#:~:text=Com%C3%BAmente%20conocidos%20como%20gusanos%20redondos,del%20reino%20Animal%20o%20Animalia>.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Los Angeles: Sage. Obtenido de <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/discovering-statistics-using-ibm-spss-statistics/bo%C3%B4k257672>
- Firbank, L., Petit, S., Smart, S., Blain, A. y Fuller, R. (2008). Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 777-787. doi:10.1098/rstb.2007.2183
- Flores, E. y Díaz, J. (2021). El uso de plataformas web que apoyan la difusión científica del investigador. *Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica Territorial de Maracaibo*. Obtenido de <http://recitutm.iutm.edu.ve/index.php/recitutm/>
- FoodPrint. (2021). Biodiversity and Agriculture. Obtenido de FoodPrint Web Site: <https://foodprint.org/issues/biodiversity-and-agriculture/>
- Garibay, J., Guzmán, M., Rosas, J., Violante, J., Sampedro, M. y Mundo, M. (2022). Nematodes as bioindicators to evaluate the edaphic state of a Low Deciduous Forest area in the state of Guerrero, México.

Agroindustrial Science, 323-330.
doi:10.17268/agroind.sci.2022.03.11

- Gómez, M. y Montes, M. (2016). Manejo de Nematodos Endoparásitos: Proyecciones Futura. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://docplayer.es/20750073-Manejo-de-nematodos-endoparasitos-proyecciones-futuras-autores-maylen-gomez-y-magda-montes.html>
- Gómez, V., Campos, O. y Sarango, O. (2020). Uso de Plaguicidas Agrícolas y Contaminación de Suelos en el Distrito de Bellavista– Jaén. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/179>
- Gomiero, T., Pimentel, D. y Paoletti, M. G. (2011). Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1, 95-124. doi:<https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>
- Google Earth. (2023). El globo terráqueo más completo. Obtenido de Google Earth: <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Grupo Grandes. (2022). Brugnem. Obtenido de Grupo Grandes: <https://grupograndes.com/producto/brugnem/>
- Gueche, C. (2020). Efecto de dos tipos de fungicidas en la postcosecha en banano (*Musa paradisiaca*) en Milagro, Ecuador. Tesis de pregrado. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUECHE%20GUERRA%20CRISTIAN%20ANDRES_compressed\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUECHE%20GUERRA%20CRISTIAN%20ANDRES_compressed(1).pdf)
- Guevara, P., Verdesoto, A. y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

- Gutiérrez, S. y Cevallos, H. (2021). Análisis comparativo de las exportaciones bananeras del Ecuador entre el primer semestre 2019 Vs el primer semestre 2020 post Covid-19. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 194-201. Obtenido de <https://www.remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/427>
- Guzmán Piedrahita, Ó. A. (2011). El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [COBB] THORNE) del banano y plátano. *Luna Azul*(33), 137-153. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742011000200012
- Guzmán, Ó., Zamorano, C., López y Horacio. (2020). Interacciones fisiológicas de plantas con nematodos fitoparásitos: una revisión. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 24(2). doi:<https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.2.13>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. y Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis* (Séptima ed.). Andover, Hampshire: Cengage Learning. Obtenido de <https://www.drnishikantjha.com/papersCollection/Multivariate%20Data%20Analysis.pdf>
- Hasen, J. (2017). Cómo reproducir sus plantas a partir de esquejes. Obtenido de GardenTech: <https://www.gardentech.com/es/blog/garden-and-lawn-protection/double-your-fun-start-new-plants-from-simple-cuttings>
- Hernández, D., Reodríguez, M. y Holgado, R. (2018). Nematodos parásitos que afectan *Phaseolus vulgaris* L.-en Latinoamérica y Cuba: especies, daños y tácticas evaluadas para su manejo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3), 1-17. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3), e05. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000300008&lng=es

- Hidalgo, A. (2016). Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano (*Musa AAA*) variedad Cavendish. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5533/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-76.pdf>
- Hidalgo, J. (2017). La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: El sector florícola ecuatoriano. Tesis de Maestría, 94. Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6095>
- Holgín, A. (2018). Nematodos parásitos asociados al cultivo de banano (*Musa spp.*) en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura. Tesis de pregrado. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1287/AGR-HOL-QUI-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hu, G., Zhang, Z. y Li, L. (2023). Responses of carbon, nitrogen, and phosphorus contents and stoichiometry in soil and fine roots to natural vegetation restoration in a tropical mountainous area, Southern China. *Sec. Functional Plant Ecology*. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1181365>
- Illowsky, B. y Dean, S. (2022). Prueba de homogeneidad. En B. Illowsky y S. Dean, *Introducción a la estadística*. Houston, Texas: OpenStax. Obtenido de <https://openstax.org/books/introducci%C3%B3n-estad%C3%ADstica/pages/11-4-prueba-de-homogeneidad>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], Guayaquil (Ecuador). Estación Experimental Litoral Sur. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. (2006). Muestreo de suelos para análisis químico con fines agrícolas. Plegable no. 272. Guayaquil, Ecuador: Guayaquil, EC: INIAP, Estación Experimental

- Litoral Sur, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, 2006. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2025>
- iRiego. (2020). El nitrógeno en el suelo. Obtenido de iRiego New Generation S.L.: <https://iriego.es/blog/noticias-2/post/el-nitrogeno-en-el-suelo-84>
- Irineo, N., Flota, C., Hernández, A., Arreola, J. y Fraire, S. (2021). Estudio preliminar sobre la inhibición in vitro de nematodos gastrointestinales de ovinos con extractos acuosos de plantas forrajeras. *Abanico veterinario*(11), e402. doi:<https://doi.org/10.21929/abavet2021.10>
- Irrazábal, N. y Molinari Marotto, C. (2005). Técnicas experimentales en la investigación de la comprensión del lenguaje. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 37(3), 581-594.
- Izquierdo, M. y Armas, M. (2018). Propuesta de un protocolo de fertilización como una estrategia para el control de nematodos en el cultivo de banano. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 31- 42. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 12(1), 31–42. doi:<https://doi.org/10.53591/cna.v12i1.272>
- King, A. y Eckersley, R. (2019). Inferential Statistics IV: Choosing a Hypothesis Test. En A. P. King y R. J. Eckersley, *Statistics for Biomedical Engineers and Scientist: How to Visualize and Analyze Data* (págs. 147-171). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-102939-8.00016-5
- Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*, 1, 45–57. doi:<https://doi.org/10.1007/s12571-009-0009-z>
- Landín, M. y Sánchez, S. (2019). El método biográfico-narrativo. Una herramienta para la investigación educativa. *Educación XXVIII*, 227-242. *Educación*, XXVIII(54), 16. doi:<https://doi.org/10.18800/educacion.201901.011>

- Lara, L. M. (2019). Evaluación del contenido de Isotiocianatos de los extractos vegetales de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), mostaza (*Raphanus raphanistrum* L.) y mastuerzo (*Tropaeolum majus*) y su actividad nematocida in vitro para el control de *Meloidogyne*. Tesis de pregrado. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30550>
- Lara-Posadas, A., Núñez-Sánchez, A., López-Lima, D. y Carrión, G. (2016). Nemátodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34(1), 116-130. doi:10.18781/R.MEX.FIT.1507-7
- León Ajila, J., Espinosa Aguilar, M., Carvajal Romero, H. y Quezada Campoverde, J. (02 de 03 de 2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494-7507. doi:10.37811/cl_rcm.v7i1.4981
- León, L., Baquero, E. y Villa, J. (2020). Incidencia de los ingresos en la producción de banano, cantón santa Rosa. *Revista de Investigación Enlace Universitario*, 19(2), 51-59. doi:<http://doi.org/10.33789/enlace.19.2.73>
- Lichtfouse, E. (2021). *Sustainable agriculture reviews*. 52. Cham: Springer. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/354326417_Sustainable_Agriculture_Reviews_52
- López García, M. A. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental. Tesis de Maestría. Guanajuato, Gto, México: Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. Obtenido de <https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/87/2/TE%20244.pdf>

- López Medina, D. C. (2022). Plantas andinas y amazónicas del Ecuador con actividad antimicrobiana. Tesis de pregrado. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34990/1/CBT%20004.pdf>
- López, C., Barrezueta, S. y Jaramillo, E. (2022). Uso de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 107-114. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/568/541>
- Luc, M., Sikora, R. A. y Bridge, J. (2001). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Oxon: CAB International 1990. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2021-09/34395.pdf
- Martín, S. G. y Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación Bibliotecológica. Archivonomía, Bibliotecología e Información*, 31(71), 151. doi:10.22201/iibi.0187358xp.2017.71.57814
- Martínez Medina, A., Escobar Lucas, C. y Sorribas Royo, F. (2022). Relaciones planta-plaga-nematodos fitoparásitos: ¿podemos esperar una respuesta consistente de la planta frente a los mismos, o quien pega primero pega dos veces? *Boletín de la Sociedad Española de Entomología Aplicada*(6), 19-27. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/372251>
- Maurandi-López, A., Del Río Alonso, L., González-Vidal, A., Ferre Jaén, M. E. y Hernández Vicente, Á. (2019). Fundamentos Estadísticos para Investigación. Introducción a R y Modelos. Zenodo. doi:<https://doi.org/10.5281/ZENODO.2628915>

- McDonald, J. (2014). 4.6: Transformaciones de datos. En J. McDonald, Handbook of Biological Statistics. Sparky House Publishing: Baltimore, Maryland. Obtenido de https://espanol.libretexts.org/Estadisticas/Estadistica_Aplicada/Libro:_Estadisticas_Biologicas_%28McDonald%29/04:_Pruebas_para_una_variable_de_medici%C3%B3n/4.06:_Transformaciones_de_datos
- Medina Olea, R. A. (2020). Manejo integrado del nematodo (*Radopholus similis*) en el cultivo de banano (*Musa AAA*). Tesis de pregrado. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8373>
- Méndez, E. (2020). Actividad nematicida de *serratia* sp. contra el nematodo agallador *nacobbus aberrans*. Tesis de Maestría. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1261>
- Micheli, E. (2009). Estadística aplicada a la investigación. (U. N. Argentina, Ed.) Obtenido de Connecting Repositories [CORE]: <https://core.ac.uk/reader/323492905>
- Moens, M., Perry, R. y Starr, J. L. (2009). *Meloidogyne* species - a diverse group of novel and important plant parasites. En M. Moens, R. Perry y J. L. Starr, Root-knot nematodes (págs. 1-17). Obtenido de <http://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781845934927.0001>
- Molina Arias, M. (2022). Análisis de normalidad. Una imagen vale más que mil palabras. Obtenido de Anestesiari: <https://anestesiari.org/2022/analisis-de-normalidad-una-imagen-vale-mas-que-mil-palabras/>
- Molina, E. (2014). Análisis de suelos y su interpretación. Animo Grow Internacional. Centro de Investigaciones Agronómicas. Obtenido de

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

Monar, E. (2021). Evaluación de la persistencia en el suelo de cuatro nematocidas comerciales para el manejo de nemátodos fitoparásitos. Tesis de Grado. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo . Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9098>

Montero, P. (2022). Manejo integrado del nematodo *Pratylenchus coffeae* en el cultivo de banana mesa AAA. Tesis de Grado. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11350>

Montgomery, D. C. (2020). Design and analysis of experiments. Hoboken, NJ: Wiley. Obtenido de <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/181-Design-and-Analysis-of-Experiments-Douglas-C.-Montgomery-Edisi-8-2013.pdf>

Montgomery, D. C., Peck, E. A. y Vining, G. G. (2012). Introduction to Linear Regression Analysis. Hoboken, New Jersey: Wiley. Obtenido de <https://ocd.lcwu.edu.pk/cfiles/Statistics/Stat-503/IntroductiontoLinearRegressionAnalysisbyDouglasC.MontgomeryElizabethA.PeckG.GeoffreyViningz-lib.org.pdf>

Montoya, M., Restrepo, F., Moreno, N. y Mejía, P. (2013). Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla, 2011. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 32(2), 26-35. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v32n2/v32n2a04.pdf>

Moreno, E. (2008). Manual de Uso de SPSS. Instituto Universitario de Educación a Distancia. Obtenido de http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500727/Guia_SPSS.pdf

Motoche, M., Garzón, V., Carvajal, H. y Quezada, J. (2021). Análisis de la participación del banano en las exportaciones agropecuarias del

Ecuador periodo 2015-2019. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 4(2), 82-89. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 4(2), 82-89. Obtenido de <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/379/399>

National Academy of Sciences. (2021). Chapter: 2 Agriculture's Impacts on Biodiversity, the Environment, and Climate. En National Academy of Sciences, he Challenge of Feeding the World Sustainably: Summary of the US-UK Scientific Forum on Sustainable Agriculture. Washington, DC: The National Academies Press. doi:<https://doi.org/10.17226/26007>.

Neval Grupo Farmalent. (2022). Control Radopholus banana. Obtenido de NEVAL: <https://www.ne-val.com/control-radopholus-banana/>

Nix, J. (2024). La importancia del análisis del suelo en la planificación agrícola. Obtenido de Biome Makers : <https://biomemakers.com/es/blog/la-importancia-del-analisis-del-suelo-en-la-planificacion-agricola>

Núñez, V. (2017). El plaguicida orgánico de los residuos del lavado de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y los nemátodos en cultivo en papas (*Solanum tuberosum*) en el cantón Quero. Tesis de pregrado. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25357>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2013). Programa 21: Capítulo 14 Fomento de la Agricultura y del Desarrollo Rural Sostenibles. Obtenido de Departamento de Asuntos Económicos y Sociales: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter14.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015). Directrices para la determinación y el reconocimiento de la equivalencia. Roma: Secretaría de la Convención Internacional

de Protección Fitosanitaria. Obtenido de https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2016/01/ISPM_24_2005_Es_2016-01-14.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome: FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/l8429EN/i8429en.pdf>

Ortiz, R. (2017). Homogeneidad de varianzas u homocedasticidad. Obtenido de RPubS: <https://rpubs.com/Rortizdu/333014>

Pachacama, T. E. (2022). El efecto de extractos vegetales en el control del falso nematodo del nódulo de la raíz (*Nacobbus* spp.), en condiciones de laboratorio. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Tesis de Grado. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9172>

Pacheco, M., Reséndiz, J. y Arriola, V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. doi:10.29298/rmcf.v10i56.496

Palacios, J. (2014). Extractos vegetales es para el control de *Meloidogyne* en tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones controladas en la zona de Quevedo. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Tesis de Grado, 72. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4605/1/T-UTEQ-034.pdf>

Parrales, H. (2024). Pruebas de Normalidad. Obtenido de Aprobados.net: <https://aprobados.net/pruebas-de-normalidad/>

- Pawlik, K. y Czernia, D. (2024). Calculadora de variación porcentual. Obtenido de Omnicalculator: <https://www.omnicalculator.com/es/matematicas/variacion-porcentual>
- Peralta, M., Guzmán, R. y Verdezoto, M. (2022). Responsabilidad Social en empresas bananeras en Ecuador perspectivas económicas, sociales y jurídicas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(99), 1095-1114. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890717>
- Peraza-Padilla, W., Artavia-Carmona, R., Arboleda-Julio, E., Rodríguez-Porras, R y Orozco-Cayasso, E. (2020). PLANT-PARASITIC NEMATODES ASSOCIATED WITH PLANTAIN (MUSA PARADISIACA) IN TALAMANCA, LIMÓN, COSTA RICA. *Nematropica* 50, 2, 151-159. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348295221_PLANT-PARASITIC_NEMATODES_ASSOCIATED_WITH_PLANTAIN_MUSA_PARADISIACA_IN_TALAMANCA_LIMON_COSTA_RICA
- Pereira, J., Gelape, F., da Cunha, D., Perito, E., Silva, S. y Enrique, J. (2023). La resistencia horizontal y vertical de la banana al nematoide cavernícola depende del nivel de agresividad o de la virulencia de la población del nematoide. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 45(2). Obtenido de <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA761686487&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=01002945&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7Eb699c0ed&aty=open-web-entry>
- Pérez López, C. (2011). Técnicas de análisis multivariante de datos: aplicaciones con SPSS. Madrid: Pearson Prentice Hall. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25172w/Tecnicas_de_analisis_multivariante.pdf

- Pérez, D. (2019). Uso de enmiendas orgánicas y productos biológicos para el manejo de nematodos fitoparásitos, en dos fincas cafetaleras en Jinotega, 2014. Tesis de Maestría, 67. Managua: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3847/1/tnh10p438u.pdf>
- Picca, C. (2022). Nematodo del nudo de la raíz *Meloidogyne* spp. EEA La Consulta, INTA. La Consulta, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/12412>
- Pimentel, D. y Burgess, M. (2013). Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*, 443-463. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture3030443>
- Pucci, J. (11 de mayo de 2022). Salud del Suelo y Manejo de Plagas: Desafíos en la Unión Europea. Obtenido de Agribusinessglobal: <https://www.agribusinessglobal.com/es/mercados/europe/salud-del-suelo-y-manejo-de-plagas-retos-en-la-union-europea/>
- Ramachandran, K. M. y Tsokos, C. P. (2021). Chapter 11 - Categorical data analysis and goodness-of-fit tests and applications. En *Mathematical Statistics with Applications in R (Third Edition)* (págs. 461-490). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817815-7.00011-7>
- Ramírez, M. (2020). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería la Vanguardia*, 6(2), 40- 47. doi:[10.35563/revan.v6i2.210](https://doi.org/10.35563/revan.v6i2.210)
- Ramiro Vásquez, E. C. (2011). Cuando falla el supuesto de homocedasticidad en variables con distribución binomial. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 191-199. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300002&lng=es&tlng=es.
- Ramos, S. (2023). "Efecto de un Inoculante Biológico y Microorganismos Eficientes en Mezcla con un Antagonista y un Hongo

- Entomopatógeno para el Control de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* sp. en Banano Orgánico en Tumbes. Tesis de Grado. Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes. Obtenido de <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/64232/TESIS%20-%20RAMOS%20VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rea, J. (2020). Evaluación de la eficiencia de enraizadores en el incremento de la masa radical del banano (*Musa* AAA) y su efecto en las poblaciones de nemátodos. Tesis de pregrado, . Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8431/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000256.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rendón Restrepo, L. F. (2020). Capacitación a Productores sobre el Nematodo Fitoparásito *Radopholus Similis* en Cultivos de Musáceas y su Respectivo Biocontrolador, *Paecilomyces Lilacinus*, en el Municipio de Andes-Antioquia, Colombia. Tesis de Grado. Universidad de Antioquia. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18372/1/Rend%C3%B3nLuisa_2020_RadopholusSimilis.pdf
- Rizo-Mustelie, M., Vuelta-Lorenzo, D. R. y Lorenzo-García, A. M. (2017). Agricultura, Desarrollo Sostenible, Medioambiente, Saber Campesino y Universidad. *Ciencia en su PC*(2), 106-120. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615008/html/>
- Rocha, A., Ferreira, M., Rocha, L., Oliveira, S., Amorim, E., Mizubuti, E. y Haddad, F. (2020). Interaction between *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense and *Radopholus similis* can lead to changes in the resistance of banana cultivars to Fusarium wilt. *European Journal of Plant Pathology*, 403-417. doi:10.1007/s10658-020-02081-y
- Rodríguez, Á. (2019). Evaluación de prácticas de manejo integrado y convencional del nematodo de quiste de la papa (*Globodera pallida*

Stone 1973), en la Estación Experimental Carlos Durán en Tierra Blanca de Cartago. Tesis de Grado, 1-64. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica. Obtenido de https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18153/TFG_%C3%81Ivaro%20Esteban%20Rodr%C3%ADguez%20Cordero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, K. (2022). Capítulo 5 Transformación, Estandarización e Imputación de Datos. En K. Rojas, Ciencia de Datos para Ciencias Naturales . Bookdown. Obtenido de https://bookdown.org/keilor_rojas/CienciaDatos/transformaci%C3%B3n-estandarizaci%C3%B3n-e-imputaci%C3%B3n-de-datos.html

Romero Bastidas, M., Macías Curiel, M. G., Carrillo Fasio, A., Rojas Contreras, M., Hernández Rubio, J. y Duarte Osuna, J. (2019). Identificación y distribución de especies de Meloidogyne en Baja California Sur, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 337-349. doi:10.29312/remexca.v10i2.1603

Romero, J. (2018). Uso de hongos del género *trichoderma* spp. como controlador de nematodos en el cultivo de banano. Tesis de Grado. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12915/1/DE00006_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf

Ruzzi, M. y Aroca, R. (2015). Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae, 196, 124-134. doi:10.1016/j.scienta.2015.08.042

Saez Carriera, R., Suarez Palacios, J. C., Ordóñez Balladares, A. D. y Guzmán Gallardo, H. G. (2022). La socialización de resultados científicos por los estudiantes de la Universidad de Guayaquil. Revista Universidad y Sociedad, 14(5), 441-450. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000500441&lng=es&tlng=es

- Salas, D. (2019). Internet: Sitios con información de calidad para investigar. Obtenido de Investigalia: <https://investigaliacr.com/investigacion/sitios-en-internet-donde-puedes-encontrar-informacion-de-calidad-para-tu-investigacion/>
- Sánchez , S., Iglesias, M., Usero, F., Kindler, C. y Armas, C. (2021). Efecto de la deposición de N y P atmosférico en la microfauna edáfica de sistemas de alta montaña de la red de Parques Nacionales. *Ecosistemas*, 2142. doi:10.7818/ECOS.2142
- Sánchez, J. C. (2011). Generación y manejo de documentos en formato PDF. Obtenido de Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro Web Site: <http://www.coavn.org/coavn/repositorioGC/GestionContenidos/CAT/08-07-2005-13-55-54/GestionPDFs010311%20.pdf>
- Sánchez, M., Fernández, M. y Diaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *UISRAEL Revista Científica*, 8(1), 14. doi:<https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Santos, D. (2022). Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos. Obtenido de HubSpot: <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>
- Schweizer Lassaga, S. (2011). Muestreo y análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. San José, Costa Rica. : INTA/MAG. . Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Seenivasan. (2017). Management of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* in ratoon banana grown under high density planting systems. . *International Journal of Fruit Science*, 17(1), 41-62. doi:<https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1250696>
- Sheskin, D. J. (2011). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures* (Quinta Edición ed.). CRC Press.

- Sikora, R. (2018). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Boston, MA: CABI. Obtenido de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781786391247.0000>
- Sistema Nacional de Información [SNI]. (2023). *Infraestructura Ecuatoriana de Datos Georeferenciales*. Obtenido de SNI. gob: <https://iedg.sni.gob.ec/servicios/geoportales/>
- Sud, M. (2020). *Managing the Biodiversity Impacts of Fertiliser and Pesticide Use*. Organisation for Economic Co-operation and Development, 1-60. Obtenido de <https://one.oecd.org/document/ENV/WKP%282020%292/En/pdf>
- Tapia, I., Montoya, A., De Los Santos, S., Ek-Ramos, M., Montesinos, R. y Martínez, C. (2022). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) a threat to agriculture in Mexico: biology, current control strategies, and perspectives. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(2), 26. doi:10.1007/s11274-021-03211-2
- Tello, J. (2010). *Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos: prácticas culturales para una agricultura sostenible*. Almería: Fundación Cajamar. Obtenido de <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2023/03/organismos-para-el-control-de-patogenos.pdf>
- 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*. Tesos de grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23706>

- Trevisan, S., Francioso, O. y Quaggio, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signal Behavior*, 635–643. doi:10.4161/psb.5.6.11211
- Urrego, N. (2023). La Distribución Normal I con R y Python: Un Pilar Fundamental en el Análisis de Datos. Obtenido de Medium: <https://nicolasurrego.medium.com/la-distribuci%C3%B3n-normal-un-pilar-fundamental-en-el-an%C3%A1lisis-de-datos-6d6ea8c7ee71>
- Van den Hoogen, J., Geisen, S., Pared, D. H., Wardle, D. A., Traunspurger, W., de Goede, R. G., . . . Crema. (2020). A global database of soil nematode abundance and functional group composition. *Scientific Data*, 7(1), 103. doi:10.1038/s41597-020-0437-3
- Vargas-Calvo, A. y Valle-Ruiz, H. (2011). Efecto de dos tipos de fundas sobre el fruto de banano (Musa AAA). *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 81-89. Obtenido de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000100010&lng=en&tlng=es.
- Vásconez, F., Oleas, M., Bastidas, F., Vásquez, U. y Condo, L. (2020). La gestión de la información y del conocimiento en empresas industriales. *Revistas Espacios*, 41(19), 309-319. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n19/a20v41n19p22.pdf>
- Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W. y Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (Musa acuminata) en el Ecuador. *UTE. Enfoque UTE*, 57-66. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.545>
- Velázquez, A. (2020). Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla . Obtenido de Questionpro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>
- Vera, M. (2021). Uso de enmiendas y activadores biológicos para el manejo de nematodos en el cultivo de banano (Musa AAA) zona Caracol,

- Canton Babahoyo. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Babahoyo]. Tesis de Maestría. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10073/C-UTB-CEPOS-MPV-000004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, M., Castañeda, R., Sosa, D., Quevedo, A., Naranjo, J., Serrano, L. y Ratti, M. (2022). Mecanismos de captura, colonización y alimentación empleados por parásitos y predadores de nematodos. *Ecosistemas*, 2390. doi:10.7818/ECOS.2390
- 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), 276-288. doi:<https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i1.37680>
- Vivas, J., González, R., López , F., Tacuri , E. y Palacios , E. (2022). Manejo integrado del cultivo del plátano musa AAB. Mawil Publicaciones de Ecuador. doi:10.26820/10.26820/978-9942-602-82-4
- Viveros , Y., Guzmán , Ó. y Villegas , B. (2022). Efecto de *Radopholus similis* en el crecimiento de genotipos de musáceas de importancia económica. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 26(2), 65-94. doi:10.17151/bccm.2022.26.2.4
- Yac, O. (2021). Efecto de un inductor de resistencia para control de nematodos en Zanahoria Zunñil Quetzaltenango. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Quetzaltenango: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Yac-Oscar.pdf>
- Yáñez Yunga, L. A. (2022). Compuestos fenólicos en plantas del Ecuador, revisión de propiedades y beneficios medicinales. Tesis de pregrado. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de

<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c2bb8701-3a68-4737-9fc2-e8c1e05cfe5c/content>

- Zatán Aquino, E. J. (2018). Nematodos parásitos asociados al cultivo de Banano (*musa spp.*) en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura. Tesis de pregrado. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1299/AGR-ZAT-AQU-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zenner, I. y Peña, F. (2013). Plásticos en la Agricultura: Beneficio y Costo Ambiental: Una Revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 16(1), 139 - 150. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a17.pdf>
- Zurita, H., Chiliquinga, L. y Gutiérrez, A. (2015). Evaluación de dos productos orgánicos para el control de nematodos en el cultivo establecido de tomate de árbol (*Solanumbetaceum L.*). Tesis de Grado. Cevallos , Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10399/1/Tesis-95%20%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20318.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Sembrado de Plántulas de banano

Anexo 1-A. Transporte de las plántulas de banano



Anexo 1-B. Limpieza y preparación del área de estudio



Anexo 1-C. Sembrado de plántulas de banano



Anexo 1-D. Hileras de plántulas de banano sembradas



Anexo 2. Toma de muestras para análisis

Anexo 2-A. Toma de muestras de nematodos en las raíces



Anexo 2-B. Toma de muestras de suelo



Anexo 2-C. Rotulación de muestras



Anexo 3. Realización de charla a productores de banano**Anexo 4-A.** Charla a productores del sitio "Los Casados"