

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



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

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

Br. Sonia Leslie Ramos Vasquez

Tumbes, 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



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 aprobada en forma y estilo por:

Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo (Presidente)

PhD. Faustino Sanjinez Salazar (Secretario)

Dr. Alexis Enrique Clavijo Zárate (Vocal)

Tumbes, 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**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**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su
contenido y forma**

Br. Sonia Leslie Ramos Vasquez

(Ejecutor)

Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy

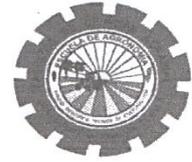
(Asesor)

Código ORCID: 0000-0002-8542-9353

Tumbes, 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA**



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, A Los seis día (s) del mes de MARZO del dos mil VEINTIDOS, siendo las 10:30 horas, en el aula virtual N° 1, se reunieron el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, ratificado por **Resolución N° 031-2021/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D**, el Dr. PEDRO SAUL CASTILLO CARRILLO (Presidente), Dr. FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR (Secretario) y Dr. ALEXIS ENRIQUE CLAVIJO ZARATE (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, ala Dr. MIGUEL ANGEL GARRIDO RONDOY como asesor, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "**Efecto de un inoculante biológico y microorganismos eficientes en mezcla con un antagonista y un hongo entomopatígeno para el control de Meloidogyne spp., y Pratylenchus sp., en banano orgánico en Tumbes**", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el (la): **Br. RAMOS VASQUEZ SONIA LESLIE**. Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del (la) sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 65 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, la declara: APROBADA, con el calificativo de: BUENO.

Se hace conocer al (a la) sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

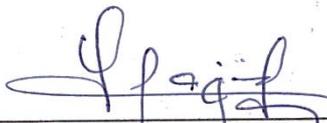
En consecuencia, queda APTA para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrónomo, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las Doce horas y Quince minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, en forma virtual, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 06 DE MARZO DE 2023.



Dr. PEDRO SAUL CASTILLO CARRILLO
DNI N° 00249839
Presidente



Dr. FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR
DNI N° 00361079
Secretario



Dr. ALEXIS ENRIQUE CLAVIJO ZARATE
DNI N° 00212160
Vocal

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 Tum

Fecha de entrega: 28-may-2023 11:08 a.m. (UTC-0500)
por Sonia Leslie Ramos Vasquez

Identificador de la entrega: 2104247498

Nombre del archivo: TESIS_FINAL_LESLIE_RAMOS_VASQUEZ.docx (2.02M)

Total de palabras: 13795

Total de caracteres: 75530



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 Tum

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	cenida.una.edu.ni Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	bananas.biodiversityinternational.org Fuente de Internet	1%

www.uea.edu.ec

8	Fuente de Internet	1 %
9	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1 %
10	scielo.sld.cu Fuente de Internet	1 %
11	virtual.urbe.edu Fuente de Internet	1 %
12	orgprints.org Fuente de Internet	<1 %
13	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	Ruiz Betancourt Andrea. "Germinación asimbiótica in vitro de Sobralia macrantha Lindl : una orquídea terrestre nativa de México", TESIUNAM, 2020 Publicación	<1 %
15	cict.umcc.cu Fuente de Internet	<1 %
16	aes.ucf.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
17	aprenderly.com Fuente de Internet	<1 %
18	biblio3.url.edu.gt Fuente de Internet	<1 %

19	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
20	repo.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to unjbg Trabajo del estudiante	<1 %
23	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
27	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
28	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %



30	agritrop.cirad.fr Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	www.scielo.sa.cr Fuente de Internet	<1 %
33	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	journalprosciences.com Fuente de Internet	<1 %
37	recursosbiblio.url.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
38	www.revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
39	www.ucla.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
41	colposdigital.colpos.mx:8080 	

	Fuente de Internet	<1 %
42	Cárdenas Flores Oscar. "Efecto de la picrotoxina sobre la actividad metabólica de linfocitos del brazo de ratones cdi", TESIUNAM, 2005 Publicación	<1 %
43	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	revistatecnologicacea.mx Fuente de Internet	<1 %
47	Hebandreyna González-García, Ana F. González Pedraza, Maryori Pineda Zambrano, Horci Escalante-García et al. "Microbiota edáfica en lotes de plátano con vigor contrastante y su relación con propiedades del suelo", Bioagro, 2021 Publicación	<1 %
48	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

50	www.elergonomista.com Fuente de Internet	<1 %
51	cro.ots.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
52	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	vip.ucaldas.edu.co Fuente de Internet	<1 %
54	orca.cf.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Universidad Catolica de Oriente Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Declaración de originalidad

Yo, Sonia Leslie Ramos Vasquez, declaro que el presente trabajo de investigación, titulado “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”, es original y ha sido presentado con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Del mismo modo, confirmo que, los resultados que se han reportado no han sido copiados de otros archivos o investigaciones. Por ello, la información que no me pertenece, usada para complementar y discutir la tesis, está citada y referenciada debidamente por derechos del autor. Siendo así, este trabajo, producto del esfuerzo de mi persona y asesor, en cuanto a su ejecución y redacción para su aprobación.

Br. Sonia Leslie Ramos Vasquez

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme y ayudarme a cumplir mis metas. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi madre Sonia Vasquez, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Julio Ramos, por los ejemplos de perseverancia, honradez y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, todo poderoso, que me ha brindado vida, salud, inteligencia, guiado y cuidado de mi hasta hoy.

A mi madre Sonia Vasquez, mi padre Julio Ramos por su dedicación y amor incondicional en todo este trayecto de mi vida.

A mi asesor el Dr. Miguel Garrido Rondoy, por su asesoramiento constante durante este tiempo, por su amistad, por haber confiado en mi persona, la paciencia y la dirección de este trabajo.

A los distinguidos miembros de jurado de tesis, por sus sugerencias y correcciones para la mejora en este trabajo de investigación.

A cada uno de mis docentes universitarios de la Facultad de Ciencias Agrarias por compartir sus conocimientos y en forma especial a dos grandes docentes que me brindaron su amistad y confianza al Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo y al Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy.

A mis amigos John, Irvin, Ruth, Brian, José, Montero y mi Prima Yanela, gracias por siempre estar conmigo, ayudándome cuando lo necesito, siempre estaré agradecida, los quiero 3 millones.

A la Ing. Nasstie Vilela por su ayuda en este trabajo y a la Ing. Gloria Ochoa por su apoyo moral.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I	23
1. INTRODUCCIÓN	23
CAPÍTULO II	24
2. ESTADO DEL ARTE	24
2.1. Antecedentes	24
2.2. <i>Meloidogyne</i> spp.	25
2.2.1 Biología	26
2.2.2 Síntomas	26
2.2.3 Importancia económica	26
2.3 <i>Pratylenchus</i> sp.	26
2.3.1 Distribución	27
2.3.2 Biología	27
2.3.3 Síntomas	27
2.3.4 Importancia económica	28
2.4 Micosplag	28
2.5 <i>Trichoderma harzianum</i>	29
2.6 Bacthon	31
2.7 Microorganismos eficientes	32
CAPÍTULO III	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Lugar de ejecución	34
3.2. Ubicación geográfica	34
3.3. Tratamientos	34
3.3.1 Evaluación de campo, toma de muestra de raíces y suelo	36
CAPÍTULO IV	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Porcentaje de raíces según su diámetro.....	41
4.2 Porcentaje promedio de raíces nuevas (sanas y enfermas)	45
4.3 Porcentaje promedio de raíces afectadas por nematodos	48
.....	48
4.4 Peso y porcentaje de raíces	49
4.5 Grado y severidad promedio de daños por <i>Meloidogyne</i>	52

4.6 Bio regulación de <i>Meloidogyne</i>	55
4.7 Control de <i>Pratylenchus</i>	56
4.8 Altura de la planta	59
4.9 Diámetro del pseudotallo.....	61
4.10 Producción	62
CAPÍTULO V.....	64
5. CONCLUSIONES.....	64
CAPÍTULO VI.....	66
6. RECOMENDACIONES.....	66
CAPÍTULO VII.....	67
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
CAPÍTULO VIII.....	78
8. ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Distribución de tratamientos y repeticiones.....	35
Tabla 2. Dosis y frecuencia de aplicación de los tratamientos.....	35
Tabla 3. Clasificación de diámetro de raíces. FAO (2009), Adaptada para banano.....	38
Tabla 4: Escala de grados de daños para <i>Meloidogyne</i> . Carlier J., D. De Waele y J.V. Escalant (2003).....	39
Tabla 5. Duncan al 0,05% para porcentaje de diámetro de raíces gruesas de banano por efecto de los tratamientos	42
Tabla 6. Duncan al 0,05% para porcentaje de diámetro de raíces medianas, por efecto de los tratamientos.....	43
Tabla 7. Duncan al 0,05% para porcentaje de diámetro de raíces nuevas, por efecto de los tratamientos.....	44
Tabla 8. Duncan al 0,05% para porcentaje de raíces nuevas sanas, por efecto de los tratamientos.....	46
Tabla 9. Duncan al 0,05% para porcentaje de raíz nueva enferma, por efecto de los tratamientos	47
Tabla 10. Duncan al 0,05% para porcentaje de daño por nematodo, por efecto de los tratamientos	49
Tabla 11. Duncan al 0,05% para porcentaje de peso para raíces sanas, por efecto de los tratamientos.....	50
Tabla 12. Duncan al 0,05% para porcentaje de peso para raíces enfermas, por efecto de los tratamientos.....	51
Tabla 14. Duncan al 0,05% para altura de planta, por efecto de los tratamientos	60
Tabla 15. Duncan al 0,05% para diámetro de pseudotallo, por efecto de los tratamientos	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Toma de muestra de raíces, (a) Realizando el hoyo a los 30 cm de la planta (b) Sacando las muestras de raíces y colocándolas en las bolsas debidamente identificadas.	37
Figura 2: Evaluación de altura y diámetro de la planta de banano.....	37
Figura 3: Diluciones de muestras de suelo en medio PDA. (a) Realizando el peso del suelo para la dilución (b) Realizando siembra de suelo en placa Petri.	40
Figura 4: Evaluación de las unidades formadoras de colonias.	40
Figura 5: Porcentaje de diámetro promedio de raíces gruesas.....	42
Figura 6: Porcentaje de diámetro promedio de raíces medianas.....	43
Figura 7: Porcentaje de diámetro promedio de raíces nuevas.....	44
Figura 8: Promedio de raíces nuevas (sanas).	45
Figura 9: Raíces; a) antes de la aplicación y b) después de la aplicación.	46
Figura 10: Promedio de raíces nuevas (enfermas).....	47
Figura 11: a) Raíces con daño de <i>Meloidogyne</i> antes de la aplicación y b) Efecto de los tratamientos después de la aplicación.....	48
Figura 12: Porcentaje de raíces afectadas por nematodos.....	49
Figura 13: Peso y porcentaje de raíces promedio sanas.	50
Figura 14: Peso y porcentaje de raíces promedio enfermas.....	51
Figura 15: Peso y porcentaje de raíces promedio muertas.....	52
Figura 16: Grado promedio de daños del Género <i>Meloidogyne</i>	53
Figura 17: Raíces de banano mostrando daños generados por <i>Meloidogyne</i>	53
Figura 18: Porcentaje de severidad de nematodo.	54
Figura 19: a) Número de huevos en la raíz b) Número de larvas de nematodos en suelo por efecto de los tratamientos.	55
Figura 20: a) Números de huevos en la raíz b) larvas de <i>Meloidogyne</i> en el suelo por efecto de los tratamientos.	56
Figura 21: a) Número de huevos en la raíz b) Larvas <i>Pratylenchus</i> en el suelo por efecto de los tratamientos.	57
Figura 22: Población total de microorganismos en el suelo por efecto de los tratamientos.	58
Figura 23: Población de hongos degradadores de materia orgánica en el suelo por efecto de los tratamientos.....	58
Figura 24: Población de <i>Trichoderma</i> spp. en el suelo por efecto de los tratamientos.	59

Figura 25: Altura promedio de la planta Madre y planta en sucesión (hijo).....	60
Figura 26: Diámetro promedio de la planta Madre y planta en sucesión (hijo).....	61
Figura 27: Porcentaje de producción de la planta madre y planta en sucesión (hijo)...	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Análisis de varianza para porcentaje de diámetro de raíz gruesa por efecto de los tratamientos.....	78
Anexo 2: Análisis de varianza para porcentaje de diámetro de raíz mediana, por efecto de los tratamientos.....	78
Anexo 3: Análisis de varianza para porcentaje de diámetro de raíz fina, por efecto de los tratamientos.....	78
Anexo 4: Análisis de varianza para porcentaje de raíces nuevas sanas por efecto de los tratamientos.....	79
Anexo 5: Análisis de varianza para porcentaje de raíces nuevas enfermas por efecto de los tratamientos.....	79
Anexo 6: Análisis de varianza para porcentaje de Índice de Intensidad de Daños, por efecto de los tratamientos.....	79
Anexo 7: Análisis de varianza para porcentaje de peso para raíces sanas, por efecto de los tratamientos.....	79
Anexo 8: Análisis de varianza para porcentaje de peso para raíces enfermas, por efecto de los tratamientos.....	80
Anexo 9: Análisis de varianza para porcentaje de daño por nematodo, por efecto de los tratamientos.....	80
Anexo 10: Análisis de varianza para altura de la planta, por efecto de los tratamientos.	80
80	
Anexo 11: Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo, por efecto de los tratamientos.....	80
Anexo 12. Informe de originalidad Turnitin	80

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la Provincia de Tumbes, Distrito San Juan de la Virgen, Sector Brujas altas, en un cultivo de banano orgánico de 3 años, se evaluó el efecto de un inoculante biológico y microorganismos eficientes en mezcla con un antagonista y un hongo entomopatógeno aplicado al pie de la planta, frente al control de *Meloidogyne* spp., y *Pratylenchus* sp. Con la aplicación de un inoculante biológico en mezcla con *Trichoderma harzianum* más un hongo entomopatógeno, se obtuvo un incremento de raíces nuevas sanas de 16,6%, disminución promedio de daño del nematodo a 1,8 grados y reducción de daños a las raíces por nematodos de 74,5% a 53,6%, el peso de raíces enfermas disminuyó de 82,2% a 70,3% con la aplicación con microorganismos eficientes en mezcla con *T. harzianum* más un hongo entomopatógeno, el porcentaje de severidad del nematodo en las raíces redujo a un 40,4% y la disminución del peso de raíces muertas a 6,0% con la aplicación de un hongo entomopatógeno.

Palabra clave:

Control biológico, microorganismos eficientes, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* sp.

ABSTRACT

The research work was carried out in the Tumbes Province, San Juan de la Virgen District, Brujas Altas Sector, in a 3-year-old organic banana crop, the effect of a biological inoculant and efficient microorganisms mixed with an antagonist and an entomopathogenic fungus applied to the foot of the plant, compared to the control of *Meloidogyne* spp., and *Pratylenchus* sp. With the application of a biological inoculant mixed with *Trichoderma harzianum* plus an entomopathogenic fungus, an increase in new healthy roots of 16.6%, was obtained, an average decrease in nematode damage of 1.8 degrees, and a reduction in damage to roots by nematodes of 74.5% to 53.6%, the weight of diseased roots decreased from 82.2% to 70.3% with the application with efficient microorganisms mixed with *Trichoderma harzianum* plus an entomopathogenic fungus, the percentage of severity of the nematode in the roots reduced to 40.4% and the decrease of the weight of dead roots to 6.0% with the application of an entomopathogenic fungus.

Keyword:

Biological control, efficient microorganisms, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* sp.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano genera importantes ingresos económicos a los productores. El Perú, hace diez años es uno de los países exportadores de banano orgánico, siendo Tumbes, Piura, Lambayeque y la Libertad las principales zonas de producción (Agrobanco, 2022).

La importancia social y económica de este cultivo en el Perú, viene siendo afectada notoriamente por patógenos, especialmente por los nematodos fitoparásitos que son confundidos por otros factores. Gran parte de los nematodos fitopatógenos pasan parte de su vida en suelo, alimentándose de la superficie de las raíces y los tallos subterráneos de las plantas (Talavera, 2003). Entre los géneros más importantes que infectan a los cultivos de banano son *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Helicotilenchus* (Villain, et al., 1999).

Actualmente existen productos biotecnológicos que protegen las raíces, evitando el ingreso de fitopatógenos por los daños que ocasionan los nematodos. Al aplicar los productos biológicos y orgánicos al suelo, se promueve el desarrollo y el vigor de las plantas, junto con un efecto positivo en la reducción de daños por los nematodos, logrando mayores rendimientos (Verdejo, 2005 y Rodríguez, 2007).

El objetivo de esta investigación fue, evaluar el 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.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Antecedentes

El sistema radicular está compuesto principalmente por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas, la mayoría crecen entre 15 cm de la superficie de suelo, miden de 5 a 10 mm de grosor y pueden alcanzar una longitud de más de 5 m si no son obstruidas (MAG, 2008). Cumplen la función de absorber agua y nutrientes, siendo de gran importancia como sostén y almacenamiento de reservas energéticas; sin embargo, las raíces son afectadas por diferentes factores, como los nematodos que generan daños en la raíz. El cultivo de banano, como consecuencia de los nematodos, tiene pérdidas de rendimiento promedio anual que alcanza el 20% (Araya, 1998).

Por lo tanto, la textura del suelo es un factor importante en la severidad del ataque de nematodos y en su distribución en los suelos; en un suelo de textura arenosa, el daño y las pérdidas que causan en la producción son severos, los nematodos en suelos pesados, su eclosión disminuye y su desplazamiento se hace más lento (Wallace, 1964). De igual modo Esquivel (1996), menciona que, la condición y la estructura del suelo tienen un impacto significativo en los nematodos parásitos de las plantas y que el tamaño de los poros parece afectar la facilidad con la que los nematodos pueden moverse a través del suelo.

Shuang et al. (2016), indica que, los nematodos fitoparásitos comprenden un grupo de organismos que, a pesar de su importancia en la producción, han sido poco estudiados. Sin embargo, la densidad de población de nematodos también se ve afectada por el tipo de manejo agronómico de los cultivos

Guzmán (2005), indican que las raíces y el cormo son dañados por fitonematodos, causando pudrición de sistema radicular, afectando el crecimiento, obteniendo pocas y pequeñas hojas, fruto con menor peso y ocasionando el volcamiento de las plantas.

Por otro lado, el impacto negativo de la mayoría de los agroquímicos sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales ha provocado un auge en muchos países y círculos de productores, investigadores, consultores y académicos en busca de alternativas al manejo de nematodos, con métodos amigables para la salud del agroecosistema (Gómez y Rodríguez, 2008).

La aplicación de productos biológicos al suelo es una posible alternativa de manejo, (Kiriga, et al., 2018), en su estudio reportan que los aislamientos locales de *Trichoderma* spp. y *P. lilacinum* afecta directa e indirectamente la reproducción de nematodos y la respuesta del huésped, demostrando el control ante diferentes fitopatógenos. Similares resultados, obtuvo (Montero, 2019) al aplicar (Bacthon + Tricho-D + Mcosplag) al suelo, genera beneficios al suelo, obteniendo un incremento de producción con respecto al testigo (Lazo et al., 2017).

2.2. *Meloidogyne* spp.

Meloidogyne spp., es un endoparásito común en el cultivo de banano y plátano. Su importancia se ha incrementado debido al daño que ocasiona en este cultivo y es el segundo género más abundante que se encuentra en las raíces de banano. *Meloidogyne* spp, induce a la formación de raíces engrosadas, con nódulos o agallas, raíces dobladas y escaso número de raíces laterales (De Waele, 1998; Gowen et al., 2005).

Los nematodos son los principales parásitos de las raíces, el nematodo conocido como “nematodo formador de agallas”. *Meloidogyne* spp., se propaga en suelos arenosos y provoca daños que reducen la productividad en pocos años, afectando a las plantas debilitando las puntas de las raíces y dificultando su

desarrollo debido a la formación de agallas que atrofan el sistema radicular y reduciendo la absorción de agua y nutrientes (Siddiqui, 2000).

2.2.1 Biología

Este género presenta un dimorfismo sexual, la hembra tiene la forma de pera y el macho con el segundo estadio juvenil son vermiformes, siendo este el último estado que se utiliza para realizar la identificación morfológica a nivel de género (Perry, 2013 y Singh, 2009).

2.2.2 Síntomas

Meloidogyne spp., desarrolla agallas en las raíces, provocando cambios fisiológicos en los tejidos de la raíz, al inyectar sustancias fitotóxicas a través de su estilete. Estos daños hacen que la planta sea susceptible al ataque de patógenos como hongos, bacterias y virus que ingresan a la planta a través de las heridas causadas por los nematodos (Dagatti et al., 2014).

Otro síntoma, es el alargamiento anormal de las células (hipertrofia) que es causado por este nematodo por supresión de la división celular o la estimulación del proceso de división celular de forma controlada, que da como resultado la formación de agallas (hiperplasia) o un gran número de raíces cerca de la infección (Peña, 2014). Los síntomas secundarios en las plantas muestran una reducción del crecimiento de la planta, clorosis en el follaje, marchitez temporal, disminución de rendimiento (Karszen, 2006)

2.2.3 Importancia económica

Las pérdidas que ocasiona en las plantas, *Meloidogyne* es considerado uno de los géneros de importancia económica; las pérdidas estimadas a nivel mundial son de alrededor del 5%, siendo más afectados los pequeños agricultores de los países en desarrollo. En grandes tierras de cultivo, sus pérdidas pueden ser del 25% al 50% (Taylor y Sasser, 1983).

2.3 *Pratylenchus* sp.

Es un nematodo endófito migratorio, que vive dentro de las raíces y las abandona cuando la raíz está completamente descompuesta, ya sea por daños causados o simplemente para migrar a otras raíces. De modo que, muy poco tiempo de vida lo podemos encontrar en el suelo (Guharay et al., 2000).

Pratylenchus spp. ingresa al sistema radicular de la planta migrando intracelularmente, causando daños a través del tejido cortical al romper la pared celular (CIAT, 1989).

Se han registrado ocho especies del género *Pratylenchus* en el mundo, que afectan las raíces de *Musa* spp., dos especies se han distribuido en diferentes regiones donde se cultiva plátano y banano. (Gowen, 1990).

2.3.1 Distribución

Su distribución es muy parecida a la de *R. similis* teniendo su origen en la zona del Pacífico (De Waele y Romulo, 1998). *Pratylenchus* spp., es un nematodo migratorio sobreviviendo en el suelo en barbecho hasta por seis meses (Suárez y Rosales, 2004).

2.3.2 Biología

Este género no presenta un dimorfismo sexual, provocando daños en todos sus estadios, siendo el estado de huevo la excepción (Siddiqui, 1986). Los estadios juveniles de *Pratylenchus* suelen tener las mismas características que los adultos, pero no cuentan con órganos reproductivos desarrollados (Crozzoli, 2014).

2.3.3 Síntomas

Pratylenchus, penetra en las raíces y se mueve dentro de ella para alimentarse, creando canales huecos en el interior de estas, por este tipo de daño se le conoce como el nematodo el lesionador de la raíz (Piedrahita y Estrada, 2012). Los síntomas radiculares se caracterizan por la presencia de lesiones necróticas alargadas en el tejido del parénquima cortical, producto de la penetración y migración de *Pratylenchus* spp. (Gowen et al., 2005).

Suárez y Rosales (2004), indican que, en la raíz produce una lesión roja que penetra en la corteza radicular, y en lesiones más viejas se vuelven necróticas, negras o púrpura en los tejidos epidérmicos y corticales, muchas veces con ruptura de las raíces. El rizoma en su parte más externa también se ve afectado, con zonas necróticas que luego mueren. Este género tiene una interacción directa con hongos y bacterias al ingresar a las raíces a través de heridas causadas por este nematodo, favoreciendo la proliferación de estos patógenos provocando daños aún más graves. (Charles, W. y Malcom, C. 2005).

Los daños que causa este género a las raíces, se muestran en las plantas con clorosis de las hojas, reducción del crecimiento de raíces y de la planta en su totalidad (Trinh et al., 2010). Este nematodo permanece en la planta hasta su muerte, las lesiones necróticas que se originan, son confundidas por los agricultores con falta de nutrientes y, por lo tanto, no son tratadas adecuadamente, limitando así el crecimiento de la planta y las raíces (Meza, 2017).

2.3.4 Importancia económica

La importancia de las pérdidas económicas ocasionadas por *Pratylenchus* está directamente relacionada con el hospedante y la especie (Castillo y Vovlas, 2007).

2.4 Micosplag

Protege las raíces de las plantas del daño de los nematodos a través del antagonismo, el parasitismo y la biorregulación. La acción comienza cuando las esporas latentes encuentran los nutrientes, la temperatura y la humedad adecuados en el suelo para germinar y comenzar a colonizar el suelo y las raíces. Actúa sobre los nematodos por antagonismo, protegiendo las raíces y previniendo su daño (Lazo et al., 2017).

Paecilomyces lilacinus es un hongo que controla principalmente nematodos de las especies de *Meloidogyne* spp, parasitando sus huevos y adultos. Puede atacar nematodos que se encuentran fuera de las raíces, también infecta

cualquier estadio del nematodo, provocándole la muerte y evita que complete su ciclo de vida, reduciendo las poblaciones en el campo (Luangsa-Ard et al., 2011). También ataca a los nematodos móviles que se encuentran fuera de las raíces. Después del uso de este hongo, las poblaciones de nematodos se regulan y se mantienen bajas, siendo las esporas las que afectan permanentemente durante el ciclo del cultivo, manteniendo las poblaciones de nematodos en niveles que no causan daños económicos (Perkinsltida, 2018).

Obregón, M. (s.f.), menciona que, *Paecilomyces lilacinus* es eficaz en el control de nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Radopholus*, por producir enzimas capaces de actuar sobre huevos y larvas, provocando su deformación y muerte. También se sabe que puede entrar en el huevo, crecer en su interior y destruir el embrión.

Este hongo tiene la capacidad de sobrevivir en materia orgánica y se encuentra en zonas húmedas. Ataca insectos, pero su mayor efecto es contra fitonematodos, causando una tasa de alta mortalidad (Funica, 2009; Vergara & Leguizamón, 2012).

2.5 *Trichoderma harzianum*

Es un hongo antagonista de patógenos vegetales, se encuentra en la mayoría de los suelos, especialmente cuando es favorecido con la presencia de raíces de las plantas. Es fácil de aplicar, en semillas, suelos, viveros y en trasplante, es efectivo contra *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., y *Pythium* spp., siendo también un buen estimulador de crecimiento radicular (Herrera, 2017).

Es un acondicionador de suelos, bioestimulante y agente de control biológico que actúa como antagonista de diversos fitopatógenos que dañan las raíces de la planta, estimulando la formación de raíces, bloqueando los efectos de enfermedades en el suelo y en las raíces de futuros cultivos (Lazo et al., 2017). *Trichoderma* tiene propiedades de fitoestimulación que estimulan la ramificación de las raíces y la capacidad de absorción de nutrientes mejorando el crecimiento

y desarrollo de las plantas y aumente el crecimiento general de la planta (López et al., 2015).

Está presente en distintas zonas con desechos vegetales que están en proceso de descomposición, especialmente en los suelos que contienen materia orgánica. Tiene la habilidad de producir enzimas que atacan e inhiben los hongos fitopatógenos, convirtiéndolo en un agente de biocontrol (Carreras, 2011).

Las especies del género *Trichoderma*. se caracterizan por ser hongos saprófitos que pueden sobrevivir en suelos con cantidades variables de materia orgánica, bajo ciertas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite exhibir una mayor plasticidad ecológica. Su amplia distribución y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con su alta capacidad enzimática para degradar sustratos y su resistencia a los inhibidores microbianos (Horwath, 2017). Garrido, (2009), comprobó la influencia de *T. harzianum* en la descomposición de residuos de cosecha al ser incorporado al campo.

Ruiz (2011), afirma que *Trichoderma*, controla a los fitopatógenos por: competencia directa (espacio o nutrientes), producción de metabolitos antibióticos (de naturaleza volátil o no volátil), y parasitismo directo. Algunas cepas producen un poder antibiótico, contra algunos fitopatógenos, se comporta como un saprofito en la rizósfera, su efecto se considera antagónico, aprovechando al máximo su alto grado de adaptación (Vallejo, 2014).

T. harzianum promueve raíces jóvenes, compite y coloniza a las raíces de las plantas y evita la colonización por hongos patógenos, estimulando a las raíces a volverse fuertes y saludables gracias a la secreción de fitohormonas que ayudan a aumentar el tamaño de las raíces (Romero et al., 2016). Transforma la materia orgánica del suelo y disuelve los fosfatos orgánicos e inorgánicos (Vera et al., 2002 y Godes, 2007), contribuyendo a una mejor nutrición de las plantas y control biológico en el suelo (Moreno et al., 2007).

Pinzón et al., (2015), indica que, a nivel mundial se trabaja este hongo como controlador de nematodos, destruyendo huevos de *Meloidogyne* spp., en una secuencia de parasitismo que genera una completa destrucción a las 72 horas bajo condiciones de laboratorio. Mejía (2007), reporta que, *T. harzianum* como controlador del nematodo nodulador de la raíz *Meloidogyne* spp., registrando la disminución inicial de este nematodo 90 días después de la inoculación reduciendo la población inicial en un 41 %.

Mendez y Polanco (2006) informan resultados similares obteniendo una reducción significativa de las poblaciones de nematodos formadores de agallas con una dosis de 8g/ha de *T. harzianum* en distintas etapas del cultivo de tomate al reducir las poblaciones de grado tres y cuatro, a grado uno.

2.6 Bacthon

Es un inoculante biotecnológico que desintoxica suelos y raíces agrícolas y está formulado con microorganismos beneficiosos que contribuyen a la formación de humus, devolviéndole su fertilidad al suelo, es un promotor del crecimiento vegetal que estimula el desarrollo y formación de raíces y mejorando la asimilación de nutrientes orgánicos, químicos y minerales, fijados en el suelo como el fósforo (Delgado, 2017).

Bacthon limpia el suelo de toxinas, alcoholes y amoníaco, que se producen durante años de agricultura a través de la descomposición y fermentación de residuos vegetales. Digiere y biotransforma los residuos de la cosecha anterior logrando una buena asimilación de nutrientes con una buena disposición inicial, teniendo un buen enraizamiento, tolera condiciones difíciles en el campo, la estructura es mejor, ayuda a que reciba mejor los nutrientes para una buena producción. Además, a través de la digestión y biotransformación de la materia orgánica de cultivos anteriores como hojas, tallos, raíces y frutos que se incorporan sobre o en el suelo y los convierte en nutrientes, mejorando el contenido orgánico, la estructura y fertilidad, contribuyendo a la eliminación de hospedantes de fitopatógenos e insectos dañinos en el suelo. Suministran

nitrógeno al suelo, disuelven el fósforo, facilitan la absorción de 22 fertilizantes químicos, fertilizantes orgánicos, minerales y nutrientes en el suelo (Orius, 2013).

2.7 Microorganismos eficientes

Satyaprakash et al., (2017) mencionan que, los microorganismos eficientes también promueven el reciclaje de nutrientes en el suelo y aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otro lado, estos microorganismos son capaces de descomponer agentes tóxicos como pesticidas, producir moléculas orgánicas simples que pueden ser absorbidas por las plantas y formar complejos con metales pesados que limitan su volumen a través de la planta.

Es una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Entrando en contacto con la materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y primordialmente sustancias antioxidantes. Cambia la micro y macro flora de los suelos, además de mejorar el equilibrio natural, los suelos enfermos empiezan a convertirse en suelos supresores de enfermedades, obteniendo un suelo sano. Teniendo efectos antioxidantes que genera la descomposición de la materia orgánica, promoviendo el aumento del contenido de humus (Piedrabuena, 2003).

Los microorganismos asociados a la rizosfera de las plantas facilitan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos esenciales, como promover el crecimiento de las plantas y protegerlas contra factores fitotóxicos. Pueden ocupar diferentes nichos en la zona de raíces, compitiendo por espacio y nutrientes, limitando así el desarrollo de especies fitopatógenas (Schlaratter et al., 2017).

Actúan tomando las sustancias que son generadas por otros organismos teniendo como base su funcionamiento y desarrollo. Siendo las raíces las que producen sustancias que son usadas por los microorganismos eficientes para su

crecimiento, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas (Hurtado, 2001).

IDIAF (2009), indica que, los microorganismos eficientes tienen efectos antioxidantes que ingresan de manera directa al suelo e indirecta a la planta, sosteniendo así la proporción de NPK y CN, creando beneficios al suelo como la retención agua, por lo tanto, incrementa la resistencia al estrés hídrico en suelos arenosos o en época de sequía.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó entre los meses de mayo 2021 a enero del 2022, en dos fases. La fase de campo se realizó en una parcela agrícola ubicada en el caserío de Tacural en el sector Brujas Altas, sembrada con banano de la variedad Cavendish (IC2) de 3 años y, la fase de laboratorio se realizó en la Universidad Nacional de Tumbes en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias.

3.2. Ubicación geográfica

- Región : Tumbes.
- Provincia : Tumbes.
- Distrito : San Juan de la Virgen.
- Sector : Brujas Altas.

3.3. Tratamientos

En el trabajo se utilizó el diseño BCA, estuvo conformado por tres tratamientos y un testigo (Cuadro 01), con cuatro repeticiones por tratamiento. La delimitación del campo y el marcado de las plantas se realizó con cintas de colores, las plantas a evaluar fueron seleccionadas al azar y numeradas correlativamente.

Los datos obtenidos se analizaron utilizando herramientas de estadística descriptiva para demostrar si existían o no diferencia estadísticas en las variables evaluadas, los datos pasaron por el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 95% ($P < 0,05$) para determinar si las diferencias entre las

medias son estadísticamente significativas. Posteriormente se aplicó la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 95% ($P < 0,05$).

Tabla 1. Distribución de tratamientos y repeticiones

T1	T2	T0	T3
R1	R4	R2	R3
R2	R3	R1	R4
R3	R2	R4	R1
R4	R1	R3	R2

Las dosis y las frecuencias se presentan en el Cuadro 02, realizándose dos ciclos de aplicación por tratamiento, las aplicaciones en cada ciclo se realizaron con una frecuencia de 15 días, entre uno y otro ciclo se mantuvieron cuatro semanas sin aplicación. Los tratamientos estuvieron conformados por tres productos biotecnológicos y producto semi - industrial, aplicados sobre un suelo húmedo a 20 cm., del pie del hijo en sucesión.

Tabla 2. Dosis y frecuencia de aplicación de los tratamientos

Tratamientos			Primera aplicación	Segunda aplicación	Descanso 04 semanas	Tercera aplicación	Cuarta aplicación	Número aplicac.
T1	H. Entomo.	Micosplag	50 g	50 g	-	50 g	50 g	04
T2	Inoculante Biológico	Bacthon	250 ml	250 ml	-	250 ml	250 ml	04
	Antagonist	Tricho D	75 g	75 g	-	75 g	75 g	04
	H. Entomo	Micosplag	50 g	50 g	-	50 g	50 g	04
T3	M. E		250 ml	250 ml	-	250 ml	250 ml	04
	Antagonist	Tricho D	75 g	75 g	-	75 g	75 g	04
	H. Entomo	Micosplag	50 g	50 g	-	50 g	50 g	04
T0	Testigo		-	-	-	-	-	-

a. Nematicida biotecnológico (T1)

Es un nematicida biotecnológico a base de *P. lilacinus*, un hongo entomopatógeno que parasita huevos y adultos de nematodos.

b. Productos biotecnológicos como, un caldo microbiano, un antagonista y un Nematicida (T2)

Se utilizó productos biotecnológicos, como un caldo microbiano (Bacthon, 250 mL/ha) a base de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* más un antagonista (Tricho – D, 75 g./ha) a base de *T. harzianum* y un nematicida biológico (Micosplag, 50 g/ha) a base de *P. lilacinus*.

c. Microorganismos Eficientes, Productos biotecnológicos como un antagonista y un Nematicida (T3)

Se utilizó microorganismos eficientes en un caldo microbiano semi - industrial, en mezcla con Tricho – D y Micosplag (productos biotecnológicos).

d. Testigo (T0)

Como testigo se utilizó un campo comercial de banano orgánico sin ninguna aplicación, aledaño a los tratamientos.

3.3.1 Evaluación de campo, toma de muestra de raíces y suelo

Las muestras de raíces más suelo se tomaron cada 15 días, la primera evaluación se realizó en la semana cero, antes de la aplicación de los tratamientos. Las muestras de raíces y suelo, tomadas en campo, fueron colocadas en bolsas de polietileno con su respectivo rotulado y luego llevadas al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias (Figura 1).



Figura 1: Toma de muestra de raíces, (a) Realizando el hoyo a los 30 cm de la planta (b) Sacando las muestras de raíces y colocándolas en las bolsas debidamente identificadas.

a. Evaluación de altura de planta y diámetro de pseudotallo

Para medir la altura de planta y el diámetro del pseudotallo (Figura 2), se utilizó una vara graduada en cm., colocada desde la base de la planta hasta la última “V” que forman las hojas; el diámetro del pseudotallo fue tomado con una cinta métrica a una altura de un metro. (IPGRI-INIBAP/CIRAD, 1996).



Figura 2: Evaluación de altura y diámetro de la planta de banano.

b. Toma de muestra de raíces y suelos para análisis de nematodos

Las muestras de suelo más raíces fueron tomadas en medio de la planta madre con el hijo de sucesión a una profundidad de 30 cm; en cada tratamiento se tomaron sub muestras al azar, de las cuales se tomó una muestra representativa de 500 g de raíces y suelo.

c. Toma de muestra de suelo para análisis de la flora microbiana

De cada tratamiento se tomaron sub muestras de suelo de los primeros 20 cm de la capa arable, las sub muestras fueron extraídas con una pala recta, tomándose una porción de suelo de uno de los lados del hoyo, las sub muestras se colocaron sobre una manta, se homogenizan y por el método del cuarteo se tomó una muestra representativa de 200 g.

3.2 Evaluación en laboratorio, raíces nuevas, sanas y enfermas.

Las muestras de raíces extraídas de campo, libres de suelo, se lavaron, se secaron al medio ambiente y se evaluaron.

a. Diámetro de raíces.

Para el caso de diámetros de raíces, se tomó como referencia la clasificación de raíces propuesta por la de la FAO (2009) y adaptada para banano. (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de diámetro de raíces. FAO (2009), Adaptada para banano

Raíz			mm
VF	Muy fina	Terciaria	< 5
FF	Muy fina a fina media	Secundaria	5 – 6
M G	Media a Gruesa	Primaria	> 6

b. Porcentaje de raíces nuevas

Las raíces nuevas, se separaron del total de raíces extraídas de campo; y el cálculo de su porcentaje se realizó en función al volumen total de la muestra tomada en campo. Se considera como raíz nueva, aquellas raíces en crecimiento de color blanco.

c. Porcentaje de raíces sanas, enfermas y muertas

Las raíces extraídas de campo, previamente lavadas y libres de suelo, se separaron en raíces sanas, enfermas y muertas, con el peso de cada tipo de raíz y el peso de la muestra, se calculó el porcentaje.

d. Porcentaje de severidad para *Meloidogyne*

El porcentaje de severidad, se realizó tomando como referencia la escala de grado de daños (Tabla 4), propuesta por Carlier (2003); la evaluación se realizó a partir de 10 raíces tomadas al azar de la muestra extraída de campo. El IID fue calculado con la fórmula establecida por Aponte (1986), donde:

$$IID = \sum [g \times F/G \times N] \times 100.$$

I = intensidad de ataque en %.

g = grado de ataque estimado.

F = frecuencia en cada grado estimado.

G = total de grados establecidos.

N = número total de plantas u órganos examinados.

Tabla 4: Escala de grados de daños para *Meloidogyne*. Carlier J., D. De Waele y J.V. Escalant (2003)

Grado	Descripción
0	No existen agallas
1	Trazos de infecciones con pocas agallas pequeñas.
2	< 25% de las raíces con agallas.
3	25-50% de las raíces con agallas
4	50-75% de las raíces con agallas
5	> 75% de las raíces con agallas

e. Análisis microbiológico

Para los análisis microbiológicos en el laboratorio, se tomaron 5 gramos de suelo por muestra, que fueron colocados en un vaso de precipitación esterilizado conteniendo 50 ml de agua destilada estéril, la muestra fue colocada en una plancha con agitador magnético durante 2 minutos, inmediatamente fue puesta

en reposo por 40 minutos para lograr la sedimentación de los sólidos; de esta suspensión se tomó 0,25 ml para ser sembrada por barrido en la superficie de una placa Petri con PDA con ayuda de una espátula de Diglakli (Figura 3).

Las placas sembradas fueron colocadas en una incubadora con una temperatura de 24 °C y el recuento de unidades formadoras de colonias se realizó cinco días después de la siembra, diferenciándose entre hongos antagonistas, hongos degradadores de materia orgánica y bacterias (Figura 4).

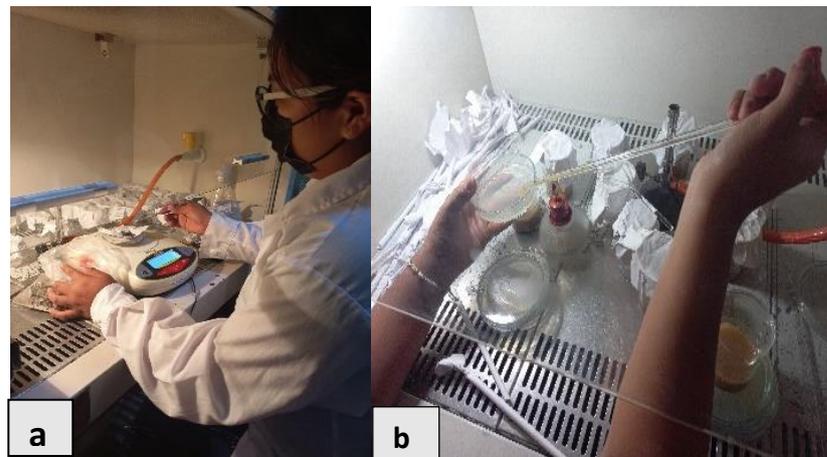


Figura 3: Diluciones de muestras de suelo en medio PDA. (a) Realizando el peso del suelo para la dilución (b) Realizando siembra de suelo en placa Petri.



Figura 4: Evaluación de las unidades formadoras de colonias.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de raíces según su diámetro

En este trabajo de investigación se evaluó la proporción de raíces gruesas, medianas y finas, los resultados muestran que, el Testigo mantuvo un nivel promedio de raíces gruesas que varió entre 70,8 y 64,6%; mientras que en tratamientos se observa una disminución en el porcentaje de raíces gruesas, la mayor disminución de raíces gruesas se presenta en el tratamiento de un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), con valores que variaron entre 69,6 y 39,6% (Figura 5).

Los tratamientos muestran su mayor efecto a partir de los 30 días de evaluación, el tratamiento con el Inoculante biológico presenta el más bajo porcentaje de raíces gruesas, que el tratamiento con microorganismos eficientes, a pesar que la composición de este producto es similar al Inoculante biológico.

Para el caso del Tratamiento con un hongo entomopatógeno, su mayor efecto se observa a partir de los 105 días; manteniendo similar respuesta que el testigo entre los cero y los 95 días, dejando en evidencia el casi nulo efecto de *P. lilacinus* en el desarrollo de las raíces.

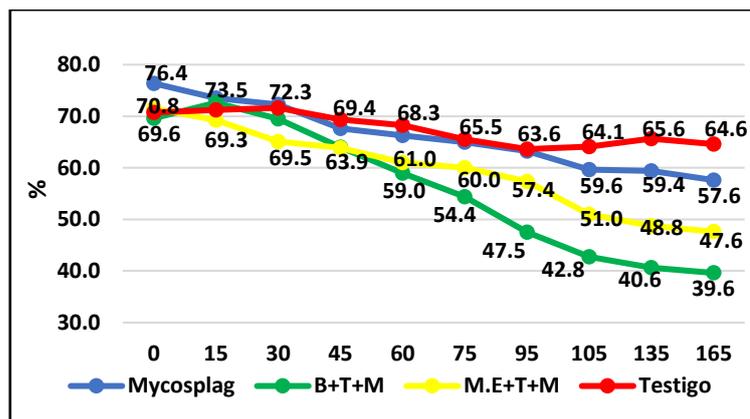


Figura 5: Porcentaje de diámetro promedio de raíces gruesas.

La mayor proporción de raíces gruesas se presenta en el testigo con 64,6%, pudiendo ser considerada una planta con una cabellera radicular poco activa, no así para el caso del tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) presentó 39,6% de raíces gruesas mostrando el menor porcentaje, siendo estadísticamente diferente frente a los demás tratamientos y fisiológicamente una planta con mayor actividad fisiológica (Tabla 5).

Tabla 5. Duncan al 0,05% para porcentaje de diámetro de raíces gruesas de banano por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	39,6	a
M.E+A+H.E	47,6	b
Hongo entomopatógeno	57,6	c
Testigo	64,6	d

CV: 5,99

Las raíces medianas junto con las nuevas o finas ayudan a transportar los nutrientes y agua en las plantas, posteriormente sirven de anclaje para la planta. La mayor proporción de raíces medianas, durante el desarrollo de la investigación, pone en evidencia la reactivación radicular en la planta por efecto de los tratamientos, especialmente los tratamientos que contenían el Inoculante biológico y microorganismos eficientes. (Figura. 6).

Con el tratamiento de un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), se incrementó el porcentaje de raíces medianas entre los 30 y 95 días de evaluación, alcanzando un nivel de 45% en la novena evaluación. El tratamiento con microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), también muestra una mayor actividad en el porcentaje de raíces medianas, en comparación al tratamiento con un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con (32,8%) y el Testigo con (28%); el mayor nivel de raíces medianas con este tratamiento se presenta entre los 95 a 165 días de evaluación (40,8%).

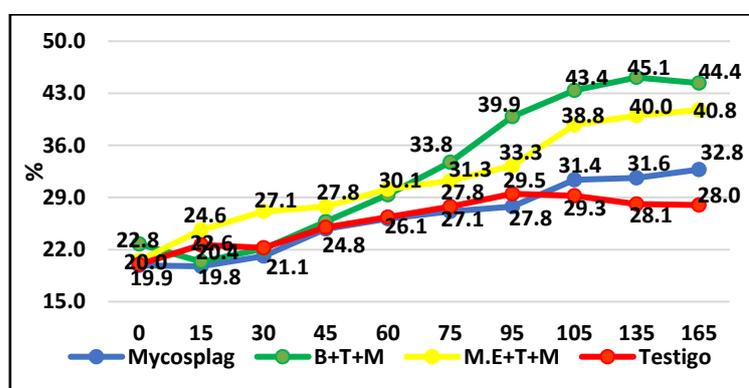


Figura 6: Porcentaje de diámetro promedio de raíces medianas.

Los porcentajes de raíces medianas se incrementan con el uso de un antagonista y un inoculante biológico, alcanzando su mayor nivel en la mezcla un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), siendo estadísticamente significativa frente a los demás tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Duncan al 0,05% para porcentaje de diámetro de raíces medianas, por efecto de los tratamientos.

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	44,4	a
M.E+A+H.E	40,8	b
Hongo entomopatógeno	32,8	c
Testigo	28,0	d

CV: 8,12

Las raíces nuevas o finas juegan un papel importante en la absorción de nutrientes, su mayor presencia va en beneficio de la planta. La mayor reactivación radicular se presenta con el tratamiento de un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), seguido del tratamiento con microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*). *Trichoderma harzianum*, aprovecha la presencia de la materia orgánica en el suelo, desarrolla su acción antagonista de hongos fitopatógenos y nematodos. La reactivación radicular se presenta desde la tercera evaluación y se incrementa de manera constante, siendo mayor en el Tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), no así con los tratamientos que contiene microorganismos eficientes y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*). (Figura. 7).

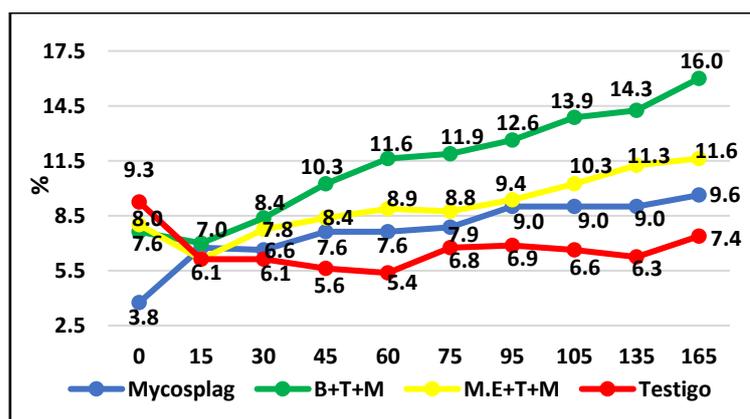


Figura 7: Porcentaje de diámetro promedio de raíces nuevas.

La presencia de raíces finas son una muestra de la mayor actividad fisiológica de las plantas, alcanzó su mayor incremento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), siendo estadísticamente significativo frente a los demás tratamientos (Tabla 7).

Tabla 7. Duncan al 0,05% para porcentaje de diámetro de raíces nuevas, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	16,0	a
M.E+A+H.E	11,6	ab
Hongo entomopatígeno	9,6	b
Testigo	7,4	c

CV: 10,03

4.2 Porcentaje promedio de raíces nuevas (sanas y enfermas)

Las raíces nuevas y sanas juegan un papel importante en las plantas, su sanidad está en función de la presencia de fitopatógenos o antagonistas nativos, en la medida que estas raíces permanezcan sanas o enfermas sin llegar a una etapa crítica, podrán desarrollar actividades en favor de la planta. Los tratamientos si influyeron en la presencia de raíces nuevas sanas y enfermas (Fig. 9a y 9b), el mayor valor se logró en los tratamientos de un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatígeno (*P. lilacinus*) y microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatígeno (*P. lilacinus*), desde los 30 días hasta la última evaluación (16,6 y 11,7%). (Fig. 8).

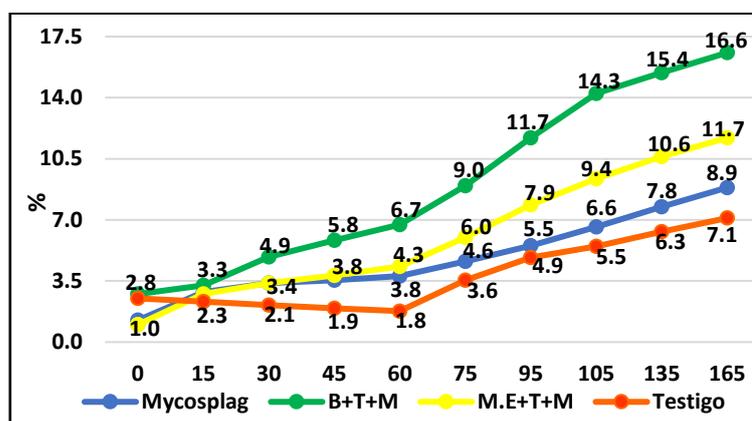


Figura 8: Promedio de raíces nuevas (sanas).

La sanidad de las raíces es un factor de mucha importancia en la vida de las plantas, los productos biotecnológicos al suelo, generó mayor producción de raíces y una mayor sanidad, los tratamientos con *Trichoderma* muestran la

mayor presencia de raíces sanas y una mayor diferencia estadística frente al testigo (Tabla 8).

Tabla 8. Duncan al 0,05% para porcentaje de raíces nuevas sanas, por efecto de los tratamientos.

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	16,6	a
M.E+A+H.E	11,7	b
Hongo entomopatógeno	8,9	bc
Testigo	7,1	c

CV: 7,53

En el testigo, también se observa un aumento en el porcentaje de raíces nuevas desde la quinta evaluación, pero en menor proporción que los tratamientos.



Figura 9: Raíces; a) antes de la aplicación y b) después de la aplicación.

Becerra et al., (2010) en un estudio de manejo de nematodos con micorrizas en plántulas de banano, encontraron mayor abundancia de raíces con micorrizas y biocontroladores a base de hongos. Consideró, que, si no se lograba reducir las poblaciones de nematodos, no se incrementaba el porcentaje de raíces sanas.

El efecto de los tratamientos, se muestra con un menor porcentaje de raíces enfermas; aún, cuando en el testigo también se observa una ligera reducción de raíces enfermas, entre la quinta y decima evaluación, los valores siguen siendo altos, en comparación con los tratamientos.

Los tratamientos, se muestra un menor porcentaje de raíces nuevas enfermas; aún, cuando en el testigo también se observa una ligera reducción de raíces enfermas, entre la quinta y decima evaluación, los valores siguen siendo altos, en comparación con los tratamientos con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) el porcentaje de raíces enfermas disminuyen desde la quinta hasta la décima evaluación de manera constante. (Figura. 10).

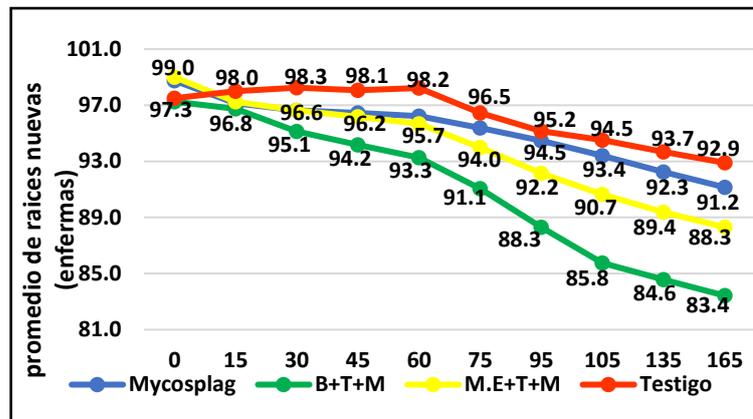


Figura 10: Promedio de raíces nuevas (enfermas).

Los tratamientos con un antagonista (*T. harzianum*), mostró diferencia estadística significativa, frente al testigo, con lo cual se evidenció el efecto protector en los tratamientos con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con 83,4%, y Microorganismos eficientes, más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con 88,3%, generando un menor porcentaje de raíces enfermas (Tabla 9). El coeficiente de variación es de 8,83 representando una homogeneidad en los tratamientos reduciendo el nivel de error.

Tabla 9. Duncan al 0,05% para porcentaje de raíz nueva enferma, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	83,4	a
M.E+A+H.E	88,3	b
Hongo entomopatígeno	91,2	bc
Testigo	92,9	c

CV: 8,83

4.3 Porcentaje promedio de raíces afectadas por nematodos

Los productos biotecnológicos utilizados, como un Inoculante biológico y un antagonista (*T. harzianum*), promueven el desarrollo de nuevas raíces, favorecen la vida microbiana y mejoran los mecanismos de competencia por espacio y alimento (Figura. 11).



Figura 11: a) Raíces con daño de *Meloidogyne* antes de la aplicación y b) Efecto de los tratamientos después de la aplicación.

El porcentaje de raíces afectadas por nematodos es alto en el testigo, los valores encontrados son superiores al 80%. Los productos aplicados generaron una disminución en el porcentaje de raíces afectadas, un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatígeno (*P. lilacinus*) generó una reducción frente al testigo, del 2,6%, un valor aceptable para la recuperación del cultivo. La respuesta encontrada con el tratamiento de un hongo entomopatígeno (*P. lilacinus*), es similar al tratamiento de microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatígeno (*P. lilacinus*). (Figura. 12).

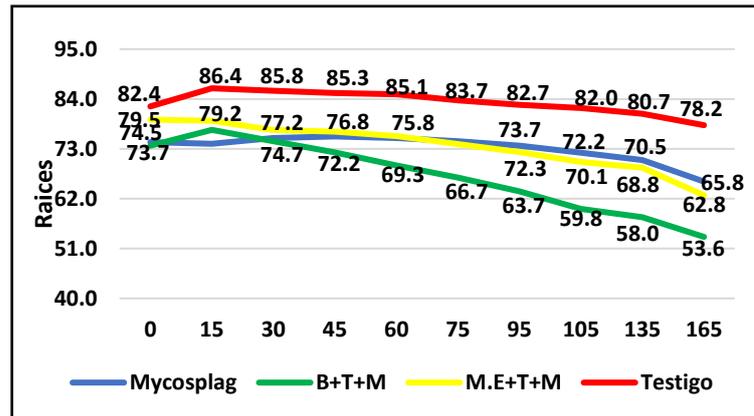


Figura 12: Porcentaje de raíces afectadas por nematodos.

Si se observó un efecto en el porcentaje de raíces afectadas por nematodos, sobresaliendo los tratamientos que en la mezcla tuvieron Micosplag y Tricho – D. Los tres tratamientos muestran diferencias significativas frente al testigo. (Tabla 10).

Tabla 10. Duncan al 0,05% para porcentaje de daño por nematodo, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	53,6	a
M.E+A+H.E	62,8	b
Hongo entomopatógeno	65,8	b
Testigo	78,2	c

CV: 7,42

4.4 Peso y porcentaje de raíces

Con los tratamientos se incrementó el porcentaje de raíces sanas (Fig. 13), la mejor respuesta se logró con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), este tratamiento tuvo un incremento rápido, entre la cuarta y la décima evaluación (38,3%); a diferencia del testigo, los porcentajes de raíces sanas se incrementan lentamente desde la sexta hasta la décima evaluación (12,1%).

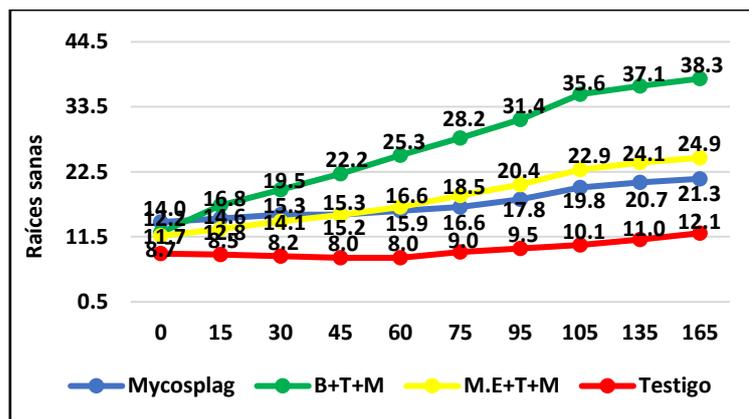


Figura 13: Peso y porcentaje de raíces promedio sanas.

Los tratamientos aplicados al suelo, si generan un mayor número de raíces sanas, siendo mayor en los tratamientos de las mezclas que tenían Tricho – D. Estadísticamente, destaca el tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con 38,3% de raíces sanas (Tabla 11).

Tabla 11. Duncan al 0,05% para porcentaje de peso para raíces sanas, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	38,3	a
M.E+A+H.E	24,9	b
Hongo entomopatógeno	21,3	b
Testigo	12,1	c

CV: 14,75

El deterioro de las raíces en banano, se puede deber a un incremento de la población de nematodos y fitopatógenos que afecta al sistema radicular; Chávez (2009), encontró una correlación negativa, entre la población de nematodos y el peso de las raíces. El efecto de los nematodos en las raíces es sucesivo y acumulativo, debilita las plantas y afecta la producción de tres o cuatro generaciones siguientes (Araya y Wale, 2004); los bio productos generan mayor

formación de materia seca, controlan la población de nematodos, incrementa la longitud de las raíces y la absorción de nutrientes (Meneses et al., 2003).

El porcentaje de raíces enfermas en el testigo casi se mantiene constante (83,33%), los tratamientos si disminuyen los porcentajes de raíces enfermas, la mayor reducción se alcanza con el tratamiento un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con (82,2% inicial y 57,5% final), en comparación con el testigo, se logró una reducción del 24,9%. (Figura. 14).

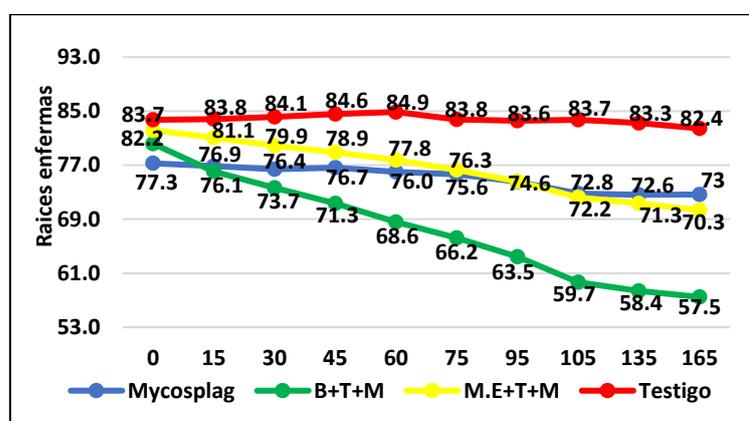


Figura 14: Peso y porcentaje de raíces promedio enfermas

Los tratamientos si muestran un efecto en el porcentaje de raíces enfermas, sobresaliendo el tratamiento un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), siendo estadísticamente significativo frente a los demás tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12. Duncan al 0,05% para porcentaje de peso para raíces enfermas, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	57,5	a
M.E+A+H.E	70,4	b
Hongo entomopatógeno	72,7	b
Testigo	82,5	c

CV: 4,97

El porcentaje de raíces muertas es un indicador muy importante a evaluar, en la medida que dicho valor disminuya la planta puede mostrar una mayor recuperación, aun cuando el porcentaje de raíces enfermas aumenten y las raíces sanas disminuyan, las posibilidades de absorción de agua más nutrientes beneficiarían a las plantas.

De los tratamientos aplicados con un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) muestra similar tendencia que el testigo, este tratamiento no protege a las raíces, como Tricho - D, de ahí que, una raíz enferma al momento de ser alcanzada por el tratamiento, los daños siguen desarrollando hasta llegar a su estado de muerte. Los tratamientos que tuvieron en la mezcla Tricho – D, mostraron menor porcentaje de raíces muertas. (Figura. 15).

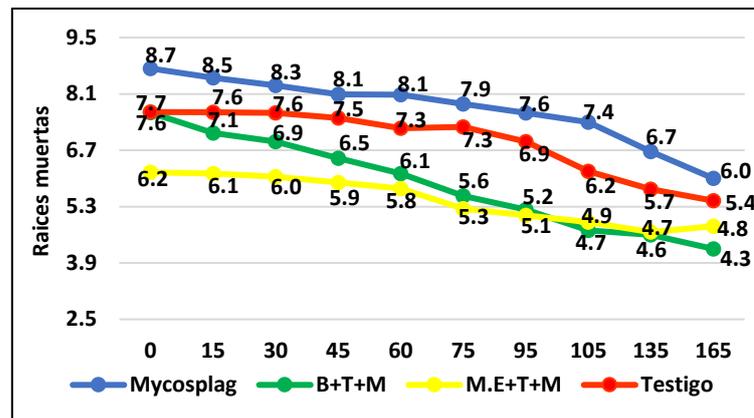


Figura 15: Peso y porcentaje de raíces promedio muertas.

4.5 Grado y severidad promedio de daños por *Meloidogyne*

El efecto de los tratamientos en las raíces, mostró una reducción del grado de daño de *Meloidogyne*, el mayor efecto se observa con el tratamiento, un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), generó una reducción de daños de 3,2 (valor inicial) a 1,8 (valor final). Los tratamientos con Tricho – D, muestran una mejor respuesta que el tratamiento con un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*). (Figura. 16).

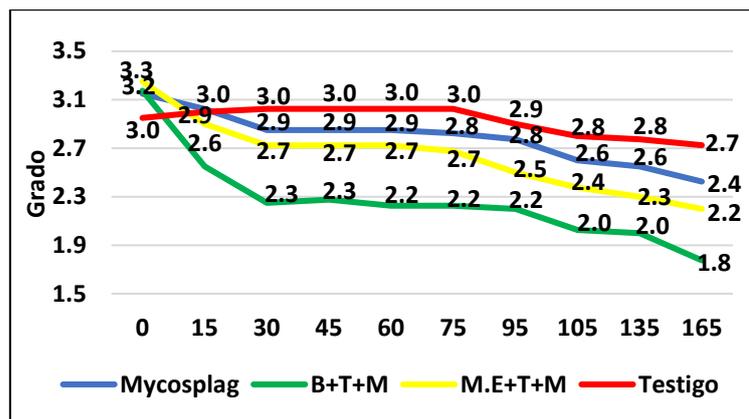


Figura 16: Grado promedio de daños del Género *Meloidogyne*.

Los nematodos dañan a su huésped en la raíz y favorecen la invasión de otros microorganismos, las plantas presentan una progresiva pérdida de vitalidad, que se manifiesta en la reducción de la producción (Arévalo-Gardini et al., 2016).

Las raíces de las plantas muy infectadas son mucho más cortas, con agallas, atrofiadas y dobladas con menos raíces laterales y pelos radiculares; afectando significativamente la absorción de nutrientes y agua, con el consiguiente debilitamiento de la planta y reducción de la productividad (Abad, et al., 2003; Orton Williams, 1973; Siddiqi, 2000) (Fig. 17).



Figura 17: Raíces de banano mostrando daños generados por *Meloidogyne*.

El porcentaje de severidad causada por *Meloidogyne*, disminuyó con los tratamientos, la mayor reducción de daños se logra con el tratamiento con un

Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con (52,9 a 29,6 %), mientras que el testigo muestra un porcentaje de severidad por encima de los tratamientos (Figura. 18).

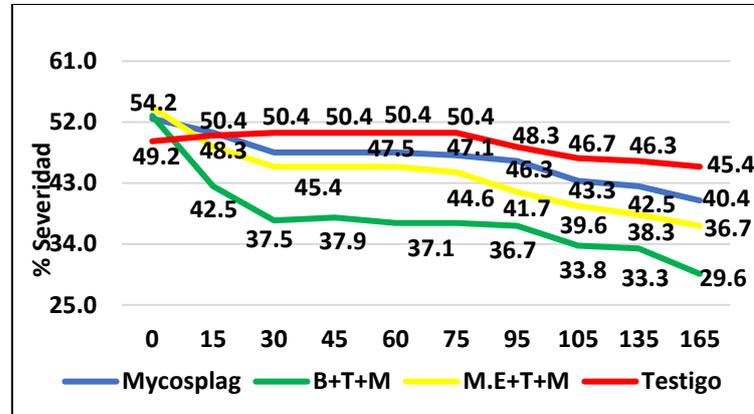


Figura 18: Porcentaje de severidad de nematodo.

En la (Tabla 13). Si se encontró diferencias estadísticas en el nivel de daños causados por *Meloidogyne*, los menores niveles de enfermedad, fue registrada con los tratamientos que tuvieron Tricho – D

Tabla 13. Duncan al 0,05% para porcentaje de índice de Intensidad de daños causado por *Meloidogyne*, por efecto de los tratamientos.

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	29,6	a
M.E+A+H.E	36,7	b
Hongo entomopatógeno	40,4	c
Testigo	45,4	d

CV: 3,94

Los productos biotecnológicos aplicados al suelo, generaron reducción de la población de nematodos en el suelo y en el número de huevos por 5 gramos de raíz. Las poblaciones disminuyen con los tratamientos, en el tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) las poblaciones disminuyen desde la primera aplicación, mientras que, con microorganismos eficientes más un antagonista (*T.*

harzianum) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), las poblaciones disminuyen después de la segunda aplicación alcanzando una población de 1 925 huevos, por debajo del tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) (Figura. 19a y 19b).

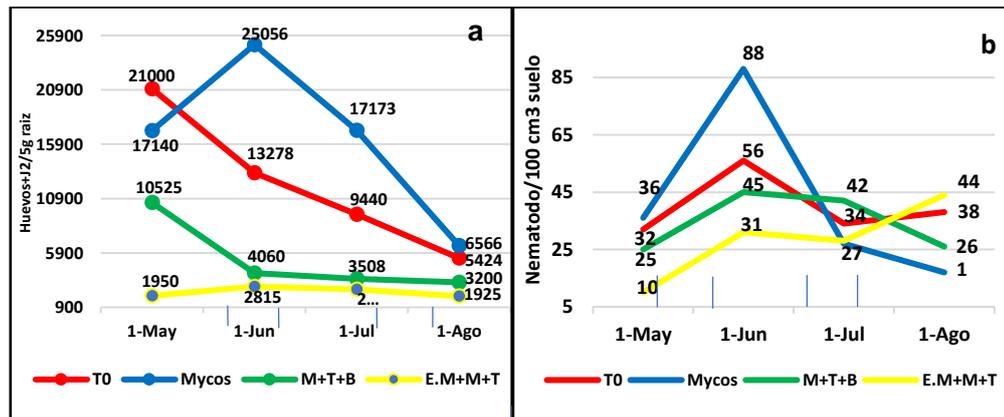


Figura 19: a) Número de huevos en la raíz, b) Número de larvas de nematodos en suelo por efecto de los tratamientos.

En el caso del número de larvas en el suelo, los tratamientos alcanzaron su mayor efecto después de la segunda aplicación, los tres tratamientos mostraron reducción de las poblaciones de nematodos después de la cuarta aplicación.

4.6 Bio regulación de *Meloidogyne*

De los tratamientos aplicados al suelo, sólo el tratamiento II, ejerció control en la población de huevos de *Meloidogyne* a nivel de raíz (Figura. 20a y 20b), manteniéndose las poblaciones por debajo del testigo. El tratamiento III, alcanza su más bajo nivel poblacional después de la cuarta aplicación, con 1230 huevos/5 g. raíz, estos resultados no coinciden con Hernández (2015), *Trichoderma asperellum*, disminuye el número de huevos por hembras, en más del 50 % en tomate.

A nivel de suelo, se muestra un biocontrol de larvas después de la segunda aplicación con los Tratamientos III y I, alcanzando su máximo nivel en la cuarta aplicación al bajar las poblaciones a 10 y 9 larvas/100 cm³ de suelo, de una población de 19 y 80 en la segunda evaluación, respectivamente.

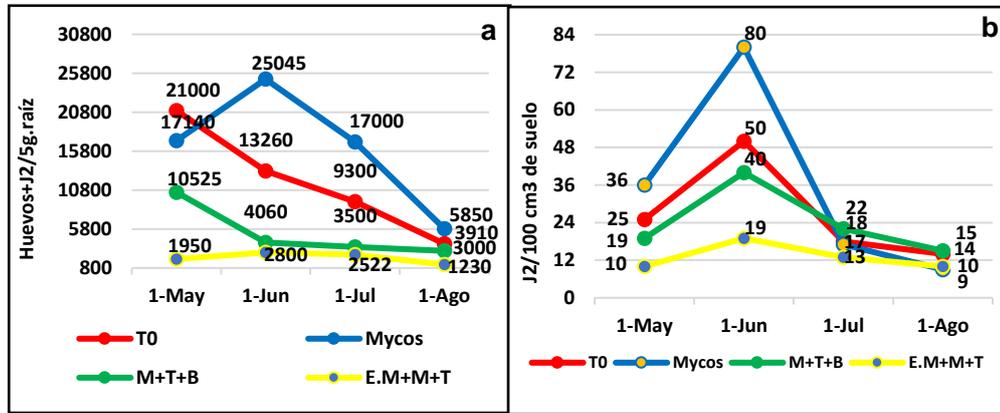


Figura 20: a) Números de huevos en la raíz b) larvas de *Meloidogyne* en el suelo por efecto de los tratamientos.

4.7 Control de *Pratylenchus*

Los tratamientos aplicados al suelo, si ejercieron bio control en la población de *Pratylenchus* a nivel de raíz y el suelo (Figura. 21a y 21b), las poblaciones de nematodos en el testigo son superiores a los tratamientos durante todo el ensayo. A nivel de raíz, el Tratamiento II, muestra un buen control de la población después de la tercera aplicación; mientras que en los Tratamientos I y III, aun cuando las poblaciones están por debajo del testigo, se mantienen ligeramente altos.

Las poblaciones de nematodos a nivel de suelo, se mantiene por debajo de las poblaciones del testigo por efecto de los tratamientos; el tratamiento II mantiene las poblaciones más bajas durante todo el ensayo.

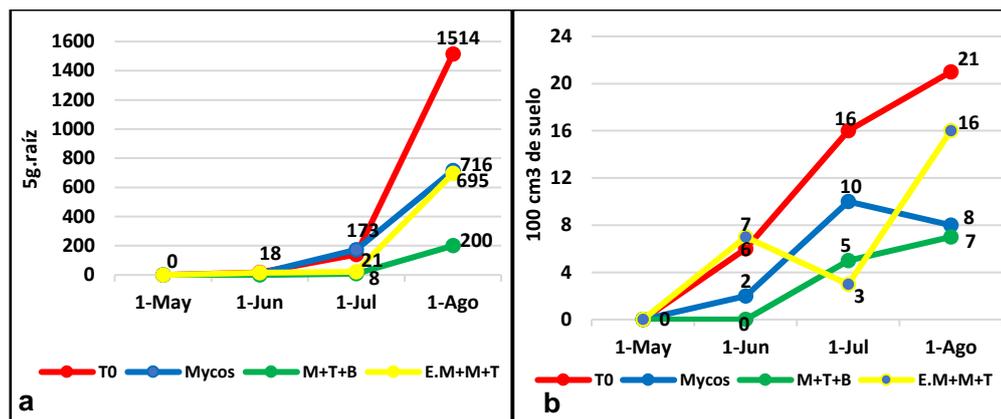


Figura 21: a) Número de huevos en la raíz b) Larvas *Pratylenchus* en el suelo por efecto de los tratamientos.

Las poblaciones de microorganismos a nivel de suelo, se mantiene por encima de las poblaciones del testigo por efecto de los tratamientos a excepción del Tratamiento III; el Tratamiento II mantiene las poblaciones más bajas durante el inicio del ensayo. El mayor efecto de los tratamientos se da a partir de la segunda aplicación de los productos (Fig. 22).

La aplicación de los productos biotecnológicos al suelo, generaron un incremento de la población de microorganismos en el suelo, expresada en unidades formadoras de colonias (u.f.c), en las evaluaciones se registró la presencia de hongo, como *Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Mucor* spp. y bacterias.

La población de microorganismos se incrementa notoriamente después de la segunda aplicación, el tratamiento III desde la tercera evaluación está por debajo del testigo y en el caso del Tratamiento I y II están por encima de la población alcanzada por el testigo. El tratamiento II que tuvo un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), registró la mayor población de microorganismos, esta es una característica atribuida a la cepa de *T. harzianum* presente en Tricho D.

Las poblaciones decrecen rápidamente a los 110 días después de la primera aplicación, manteniendo el tratamiento un Inoculante biológico más un

antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) una población por encima de los demás tratamientos.

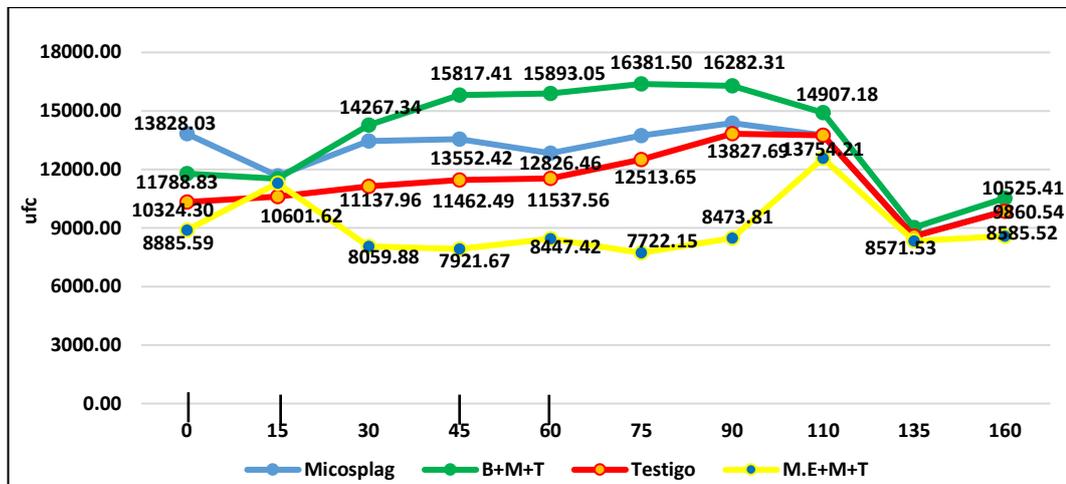


Figura 22: Población total de microorganismos en el suelo por efecto de los tratamientos.

Aun cuando la población de hongos comprometidos con la degradación de la materia orgánica, muestran un desarrollo inestable, los tratamientos se mantienen por encima del testigo. Las poblaciones registradas con el tratamiento un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), se mantienen altas en la mayoría de los periodos de evaluación (Fig. 23).

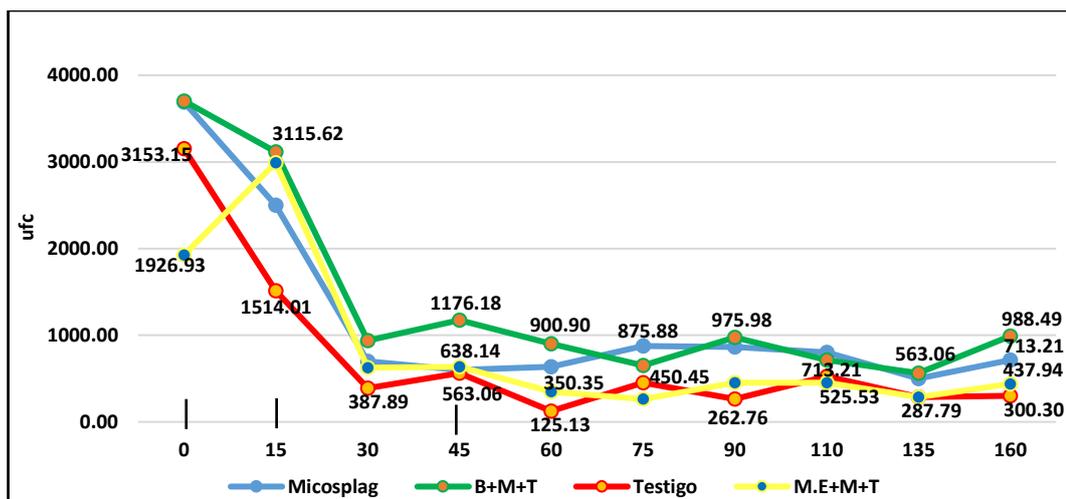


Figura 23: Población de hongos degradadores de materia orgánica en el suelo por efecto de los tratamientos.

Las poblaciones de *Trichoderma* spp., es una respuesta a la presencia de nutrientes en el suelo, disponible para la vida microbiana. Los tratamientos en los que se ha incorporado *T. harzianum*, muestran las poblaciones más altas y el mayor incremento se presenta entre los 45 y los 110 días, generándose a partir de esa etapa una disminución de las poblaciones hasta los 160 días; son los tratamientos un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) y el tratamiento Microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*), que mantienen poblaciones altas durante todo el ensayo (Fig. 24).

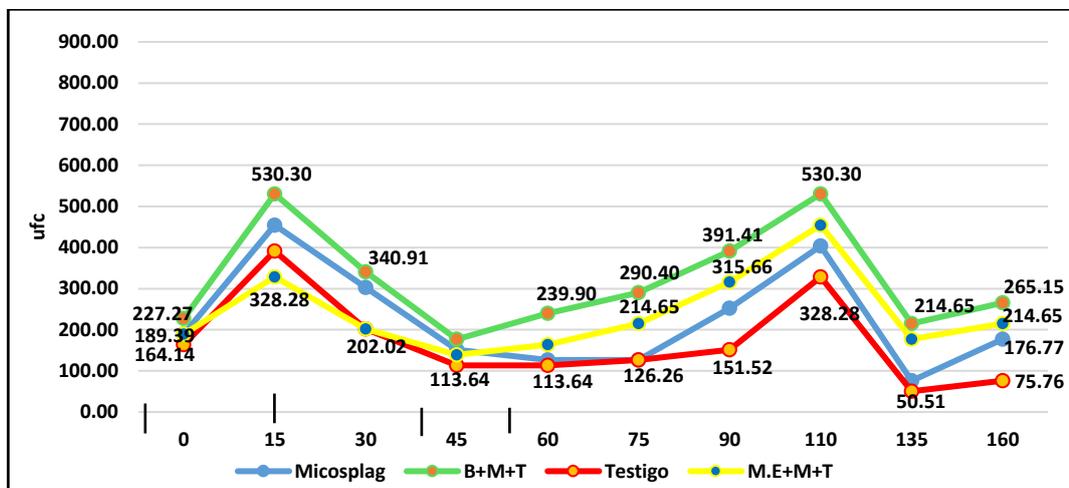


Figura 24: Población de *Trichoderma* spp. en el suelo por efecto de los tratamientos.

El mayor incremento de la población total de microorganismos, que ocurren después de la tercera y la cuarta aplicación, probablemente participen de manera indirecta en el control de *Meloidogyne* y *Pratylenchus*.

4.8 Altura de la planta

En la (Figura. 25), se muestra la altura promedio en dos fechas de evaluación donde se tomó la evaluación de la planta madre y la planta en sucesión (hijo) que luego se convirtió en planta madre que, al culminar su proceso de crecimiento se comparan el resultado de ambas evaluaciones. La altura de la planta hijo en los tratamientos donde se realizó las aplicaciones resultó tener una respuesta positiva a excepción del testigo, alcanzando superar a la primera evaluación de la planta madre.

Estos resultados muestran el efecto de los productos aplicados en las plantas que son sucesión (hijo), el tratamiento que resalta es un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con 3,48 m, seguido por el tratamiento Microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con 3,38 m, obteniendo el tercer lugar el tratamiento que contiene Micosplag con 3,30 m y por último el testigo que obtuvo 2,76 m.

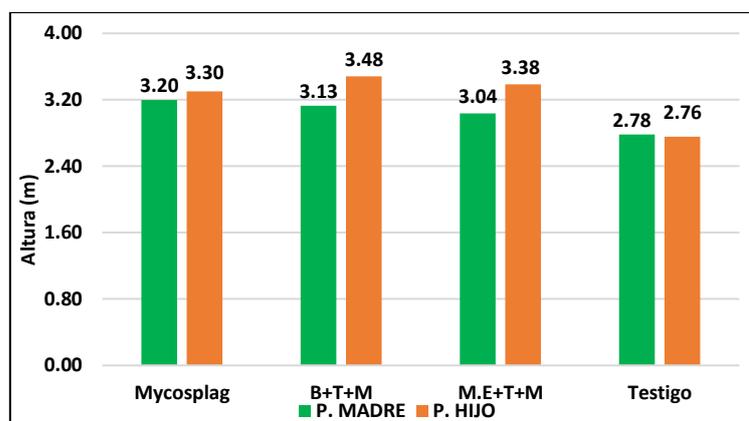


Figura 25: Altura promedio de la planta Madre y planta en sucesión (hijo).

En el análisis estadístico de los resultados, no existe diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo (Tabla 10).

Tabla 14. Duncan al 0,05% para altura de planta, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	3,5	a
M.E+A+H.E	3,4	a
Hongo entomopatógeno	3,3	a
Testigo	2,8	a

CV: 7,19

La aplicación de los bioproductos, un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) intervienen en el

crecimiento, demostrando el efecto en las variables fisiológicas de la planta. Estos bioproductos aparte de influir en el crecimiento de altura, también tienen efecto sobre el suelo como procesadores de formación de humus, acondicionador, bioestimulante y biorregulador que reduce el daño por nematodos en raíces de banano (Pilalola y Sanchez, 2014).

4.9 Diámetro del pseudotallo

En la (Figura. 26), se muestran los promedios de diámetro del pseudotallo de la planta madre y la planta en sucesión (hijo), obtenidos en las dos fechas de evaluación para cada uno de los tratamientos. Se observó un incremento en la circunferencia de diámetro del pseudotallo con las aplicaciones realizadas. Con el tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) se obtuvo un incremento de 61,8 cm a 68 cm de diámetro, seguido del tratamiento con microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) de 58,5 cm a 65,9 cm y el tratamiento que solo contiene Micosplag que aumentó de 61,2 cm a 64,1 cm, frente a los tres tratamientos, el testigo no mostró reducción.

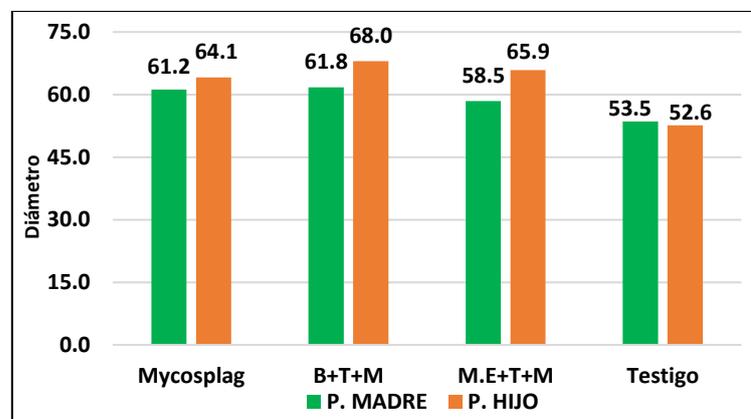


Figura 26: Diámetro promedio de la planta Madre y planta en sucesión (hijo).

En la (Tabla 15), los tratamientos si han mostrado diferencias estadísticas con el testigo, pero no entre sí.

Tabla 15. Duncan al 0,05% para diámetro de pseudotallo, por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Porcentaje	Signf.
I.B+A+H.E	67,975	a
M.E+A+H.E	65,875	a
Hongo entomopatógeno	64,10	a
Testigo	52,625	b

CV: 9,00

Estos resultados coinciden con Molina y Figueroa (1988) y Serrano et al., (2006) quienes afirman que las plantas que tienen mayor diámetro en pseudotallo producen un incremento en el racimo.

4.10 Producción

En la (Figura. 27), presenta el resultado que se obtuvo de las dos fechas donde se realizó las evaluaciones en las plantas que se marcaron (Madre), teniendo como resultado su promedio de producción, lo mismo se realizó para las plantas en sucesión (planta hijo), al culminar su ciclo vegetativo. Los promedios de producción de la planta madre y la planta hijo, muestran el incremento en manos y dedos en los tratamientos después de la aplicación de los productos.

El incremento en la producción de manos y dedos se observó en la planta en sucesión (hijo), demostrando el efecto en los tratamientos, siendo el tratamiento con un Inoculante biológico más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) que obtuvo el promedio mayor en número de dedos con 115, el tratamiento con Microorganismos eficientes más un antagonista (*T. harzianum*) y un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) obtuvo el segundo lugar con 110 dedos, seguido del tratamiento que solo obtuvo un hongo entomopatógeno (*P. lilacinus*) con 108 dedos.

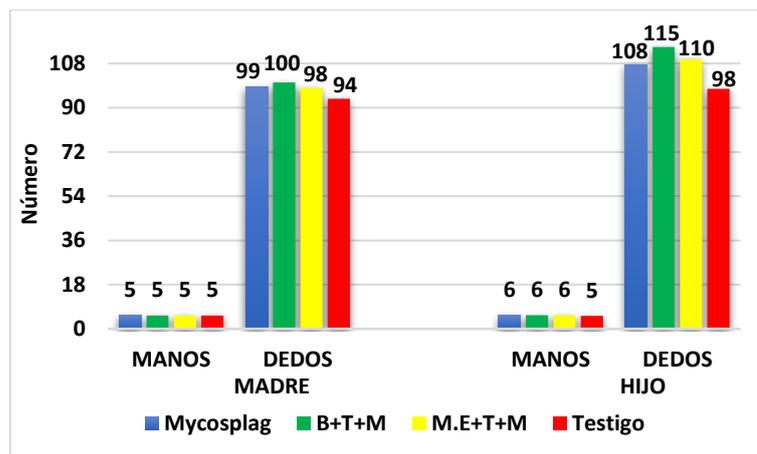


Figura 27: Porcentaje de producción de la planta madre y planta en sucesión (hijo).

Después de la floración, la inflorescencia en desarrollo es sostenida por un sistema de raíces en retroceso donde la actividad de los patógenos de las raíces acelera la senescencia natural. El aumento del crecimiento de las raíces de la planta hija (brote) puede ser beneficioso en esta etapa crítica al proporcionar apoyo adicional para la planta madre y también al servir como una fuente adicional de nutrientes para la fruta madura (Lavigne, 1987).

Chávez y Araya (2009), indican que, entre los factores abióticos, las condiciones edáficas, principalmente textura, estructura y contenido de sodio, son las que más limitan la producción, y entre los factores bióticos, los nematodos son los principales causantes del deterioro radical, lo que conduce a la reducción del peso del racimo, la longevidad de la plantación y los incrementos entre los ciclos de cultivo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- 1.- El uso de productos biotecnológicos aplicados al suelo, como un Inoculante Biológico más un Antagonista y un Hongo Entomopatógeno, generan un cambio en la estructura de las raíces, el porcentaje de raíces gruesas varió de 64,6% (Testigo) a 57,6 hasta 39,6% en los tratamientos; en el caso de las raíces finas, de 7,4% (Testigo) a 9,6 hasta 16,0% en los tratamientos; siendo la mezcla del Inoculante Biológico, el Antagonista y el Hongo Entomopatógeno quien presentó alta significación estadística.
- 2.- La sanidad de las raíces nuevas varió con los tratamientos, el testigo mostró el más bajo porcentaje de raíces sanas con 7,1%, frente a la mezcla del Inoculante Biológico más un Antagonista y un Hongo Entomopatógeno con 16,60%.
- 3.- El porcentaje de raíces afectadas por nematodos, varió con los tratamientos, en el testigo 78,2% de las raíces estuvieron afectadas, mientras que en el tratamiento con un Inoculante Biológico más un Antagonista y un hongo entomopatógeno se obtuvo el 53,6%; la mejor respuesta se logra con los tratamientos que en la mezcla tuvo Tricho – D.
- 4.- Los productos biotecnológicos aplicados al suelo, generaron reducción en el número de huevos por 5 gramos de raíz y en la población de nematodos en el suelo. En el tratamiento un Inoculante Biológico más un Antagonista y un Hongo Entomopatógeno, disminuyen desde la primera aplicación (10 525 hasta 3 000 huevos por 5 g. de raíz), mientras que en el tratamiento Microorganismos Eficientes en mezcla con un Antagonista y un hongo entomopatógeno,

disminuyen después de la segunda aplicación alcanzando una población de 1 230 huevos.

- 5.- El tratamiento un Inoculante Biológico en mezcla con un Antagonista más un Hongo Entomopatógeno, ejerció control en la población de huevos de *Meloidogyne* a nivel de raíz, bajando las poblaciones de 10 525 a 1230 huevos por 5 g. de raíz; la población se mantuvo durante todo el ensayo por debajo del testigo; mientras que el tratamiento con un Hongo entomopatógeno, ejerció el mayor biocontrol a partir de la tercera aplicación al disminuir las poblaciones de 36 a 9 larvas en 100 cm³ de suelo.

- 6.- La disminución de la población de huevos y larvas se logró con el tratamiento un Inoculante Biológico en mezcla con un Antagonista más un Hongo Entomopatógeno, reduciendo de 1 514 a 200 huevos por 5 g. de raíz; todos los tratamientos en la cuarta aplicación se mantuvieron por debajo del testigo, mostrando una reducción de 21 a 7 larvas en 100 cm³ de suelo.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

1. Continuar trabajos de investigación utilizando los productos biotecnológicos: Inoculantes Biológicos, Antagonistas, hongos entomopatógenos, dirigido al pie de la planta, en diferentes estaciones del año.
2. Realizar diferentes aplicaciones por ensayo de los productos (Inoculante Biológico: Bacthon), (Hongo Entomopatógeno: *Paecilomyces lilacinus*) y (Antagonista: *Trichoderma harzianum*), en las parcelas agrícolas.
3. Los nematodos fitoparásitos en el cultivo de banano, siguen siendo un vector que crea ingresos a problemas fitosanitarios de gran importancia económica en la Región de Tumbes, por lo tanto, se debe realizar análisis de nematodos como medidas preventivas para bajar la población.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad, P., Favery, B., Rosso, M., and Castagnone-Sereno, P. (2003). Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology* 4: 217–224.

Agrobanco Perú. (2022). Disponible en: <http://Guía Técnica Manejo Integrado De Cultivo De Banano Orgánico>.

Araya, M., Vargas, A. y Chévez, A. (1998). Cambios en la distribución del sistema radicular del banano (*Musa* AAA cv. Valery) con la altura de la planta, distancia al pseudotallo y profundidad del suelo. *Corbana*, 23 (50):167-176.

Aponte, O. (1986). Cuantificación de una enfermedad. *In*: Curso Internacional sobre enfermedades de cultivo y su control químico. Escuela de Agronomía Comisión de Estudios de Posgrado Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Tomo 1.

Araya, M., y De Waele, D. (2004). Spatial distribution of nematodes in three banana (*Musa* AAA) root parts considering two root thickness in three farm management systems. *Acta Oecologica*, 26, 137-148.

Arévalo-Gardini E., Canto M., Baligar V., Zúñiga C. y Márquez D. (2016). Población de *Helicotylenchus* sp. y *Aphelenchus* sp. en la rizosfera de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo los sistemas de manejo tradicional y de bosque mejorado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Becerra-Encinales, J. F., Castaño-Zapata, J., & Villegas-Estrada, B. (2010). Efecto de la micorrización sobre el manejo de nematodos en plántulas de plátano híbrido FHIA-20AAAB. *Agronomía*, 18(1), 7-18.

Carlier J., D. De Waele y J.V. Escalant. (2003). Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos. Evaluación de comportamiento (A. Vézina y C. Picq, eds). Guías técnicas INIBAP 7. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia.

Carreras, Bertha. (2011). Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 129-133.

Castillo, P. y Vovlas, N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and managment. Leiden, Boston. Estados Unidos de Norteamérica. Brill.

Chávez-Velazco, C., Solórzano-Figueroa, F., & Araya-Vargas, M. (2009). Relación entre nematodos y la productividad del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *agronomía mesoamericana*, 20(2), 361-369.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1989). *Bean production problems in the tropics*. (2th. Edition) Corrales, M. A. Cali, Colombia. 726 p.

Crane J. H. y Balerdi, C F. (2022). *Los Plátanos en Florida*, UF/IFAS Extension Service, University of Florida.

Crozzoli, R. (2014). *La Nematología agrícola en Venezuela*. Ediciones de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.

Dagatti, C. V., Becerra, V. C., & Herrera, M. E. (2014). Caracterización de daños producidos por *Meloidogyne* spp. (Nemata: Tylenchida) en la Vid en Mendoza, Argentina. 52. Argentina.

De Waele, D., and Davide, R.G. (1998). The root-knot nematodes of banana *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Musa Pest Factsheet No. 2. INIBAP, France.

Delgado Gamarra, L. A. (2017). Rendimiento del cultivo de haba verde (vicia faba l.) CV. albertaza por efecto de cuatro Abonos Orgánicos y Bacthon® en ChiguataArequipa

Esquivel, A. (1996). Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos p. 57- 62. En Bertsch, F., W. Badilla, y E. Bornemisza (eds.) X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, EUNED, San José, Costa Rica.

FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. (2da. Edición) Roma, Italia. 72.

Funica. (2009). Guía. Uso y manejo de *Paecilomyces lilacinum* en el control de nematodos de nematodos. Nicaragua.

Garrido M. (2009) *Trichoderma* Disponible en: <http://miguelgarridorondoy.blogspot.com/2009/07/trichoderma.html>.

[Consultado: 12 de diciembre de 2014]

Godes, A. (2007). Perspectivas de los inoculantes fúngicos en Argentina. pp. 11-14. En: Izaguirre-Mayoral, M.L., C. Labandera y J. Sanjuán (eds.). Biofertilizantes en Iberoamérica: una visión técnica, científica y empresarial. Imprenta Denad Internacional, Montevideo.

Gómez, Lucia y Rodríguez, Mayra. (2008). *Meloidogyne* spp en la producción protegida de hortalizas en Cuba. Diagnóstico y bases para su manejo.

Monografía. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos65/meloidogyne-produccion-hortalizas/meloidogyne-produccion-hortalizas.shtml>

Gowen, S. y P. Queneherve. (1990). Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, Wallingford, UK. pp. 431-460.

Gowen. S.R., Quénéhervé, P., and Fogain, R. (2005). Nematode parasites of bananas and plantains. In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture 2nd edition. Luc M, Sikora RA and Bridge J (eds). CABI publishing, Oxfordshire, UK, 611-643.

Guaman, T. H. (2011). Nemátodos fitoparasitos asociados al arroz las regiones Huertar Norte y Huetar Atlantica de Costa Rica.

Guharay, F.; Monterrey, J.; Monterroso, D.; Staver, C. (2000). Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.

Guzmán, P.O.; Castaño-Zapata, J. (2005). “Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*), África, FHIA – 20 y FHIA – 21 en la Granja -Montelindo, municipio de palestina (Caldas), Colombia”. *Compendio Boletines Fitotecnia*. Resúmenes de Investigación. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia. Manizales. Pp: 343-349.

Herrera, V. B. (2017). *Trichoderma harzianum*. Ecured, 206-267.

Horwath, W. R. (2017). the role of the soil microbial biomass in cycling nutrients. In: Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry. p. 41-66. https://doi.org/10.1142/9781786341310_0002.

http://www.academia.edu/28653032/Principales_nematodos_fitopar%C3%81sitos_y_s%C3%8Dntomas_ocasionados_en_cultivos_de_importancia_econ%C3%93mica.

Hurtado. (2001). Qué son microorganismos eficientes. (en línea). Consultado: 18 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgb>

IDIAF. (2011). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (2009). Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. (en línea) Consultado: 10 de enero de 2011. Disponible en: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>

IPGRI-INIBAP/CIRAD. (1996). Descriptores para el banano (*Musa* spp.). Instituto International de Recursos Fitogeneticos, Roma, Italia; Red International para el Mejoramiento de1 Banano y el Plátano, Montpellier, Francis; y el Centre de cooperation internationale en recherche agronomique pour le developpement, Montpellier, Francis.

Karszen, G; Moens, M. (2006). Root-knot Nematodes. In Perry, R; Moens, M. eds. 2006. Plant Nematology.

Kiriga, A. W., Haukeland, S., Kariuki, G. M., Coyne, D. L., & Beek, N. V. (2018). Effect of *Trichoderma* spp. and *Purpureocillium lilacinum* on *Meloidogyne javanica* in commercial pineapple production in Kenya. *Biological Control*, 119, 27-32.

Lavigne, C. (1987). Contribution a l'étude du systeme racinaire du bananier. Mise au point de rhizotrons et premiers resultats. *Fruits* 42: 265–271.

Lazo Yamila et, al. (2017). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de *Musa paradisiaca* variedad valery. *Revista Amazonica Ciencia y Tecnologia*, 191-200.

Lazo, Y., Moreno, A. M., Olivo, D. G. G., Valencia, T. E. O., Crespo, Y. A., & Quintana, Y. G. (2017). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de *Musa paradisiaca* variedad valery. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3), 191-200.

López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia horticultrae*, 196, 109-123.

Luangsa-Ard, J., Houbroken, J., Van Doorn, T., Hong, S. B., Borman, A. M., Hywel-Jones, N. L. & samson, R. A. (2011). *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. *FEMS Microbiology Letters*, 321(2), 141-149.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) Plátano *Musa* sp. Consultado el 2 de junio del (2008). Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_platano.pdf

Malcom, C. y Charles, W. y (2005). *Diagnosing Plant Diseases Caused By Nematodes*. The American Phytopathological Society. Press. Minnesota 277 p.

Mejía, S. A. (2007). Control de nematodo nodulador de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en el cultivo de okra americana. Zamorano, Honduras: Zamorano.

Méndez, M. I. R. y Polanco, G. A. (2006). Método de control con *Trichoderma harzianum* en casas de cultivo. En Memorias Taller Latinoamericano de Control Biológico de Fitopatógenos con *Trichoderma harzianum* en casas de cultivo. La Habana, Cuba (Resumen).

Meneses, A., L. E. Pocasangre, E. Somarraba, A. S. Riveros & F. E. Rosales. (2003). Diversidad de hongos endofíticos y abundancia de nemátodos en

plantaciones de banano y plátano de la parte baja de los territorios indígenas de Talamanca. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):59-62.

Meza, P. (2017). Nemátodo lesionador. Ficha Técnica N° 10, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Colombia.

Molina M., Figueroa A. (1988). Efectos de los nematicidas en el control de los nematodos y la producción del banano. *ASBANA* 12(29):19-25.

Montero Ramírez, S. Y. (2019). Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de cayhuayna, Distrito de Pillco Marca, Departamento de Huánuco. Noviembre-2018-enero-2019.

Moreno-Sarmiento, N., L. Moreno-Rodríguez y D. Uribe-Vélez. (2007). Biofertilizantes para la agricultura en Colombia. pp. 38-45. En: Izaguirre-Mayoral, M.L., C. Labandera y J. Sanjuán (eds.). *Biofertilizantes en Iberoamérica: una visión técnica, científica y empresarial*. Imprenta Denad Internacional, Montevideo.

Obregón, M. (SF). Asesoramiento Fitosanitario *Paecilomyces lilacinus* (Bioprotection PAE). (en línea). Costa Rica. Consultado 11 may. 2014.
Disponibile en: <http://www.doctor-obregon.com/Pages/Paecilomyceslilacinus.aspx>

Orius Biotecnología. (2013). Bioinoculante Bacthon. Hoja técnica. Colombia. 6P.

Orton Williams, K.J. (1973). Melo 18, 4 p *Meloidogyne incognita*. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes, Set 2, N° p.

Perkinsltda. (2018). *Paecilomyces Lilacinus*.
<http://perkinsltda.com.co/services/paecilomyceslilacinus/>

Peña, R. y Páez, J. (2014). Fitopatología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Perry, R; Moens, M. (2013). Plant nematology. 2nd Ed. UK, CAB International. 542 p.

Piedrabuena. (2003). Microorganismos eficientes: que son. (en línea). Consultado en 20 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>

Piedrahita, O., Zapata, J., & Estrada, B. (2012). Agronomía. Obtenido de Principales Nemátodos Fitoparásitos y Síntomas Ocasionados en Cultivos de Importancia Económica:

http://www.academia.edu/28653032/principales_nematodos_fitopar%81sitos_y_s%8dntomas_ocasionados_en_cultivos_de_importancia_econ%93mica

Pilaloo, D y Sánchez, F. (2014). Efecto de biorreguladores del suelo, para reducir el daño por nematodos en raíces de banano, en el cantón La Troncal, Cañar, Ecuador. El Misionero del Agro, p. 31-41.

Pinzón Espinoza, L., Reyes Oregel, V., y Alejo, J. (2015). Control *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con la aplicación de *Trichoderma harzianum*. Fitosanidad.cu, 19 (1), 5-11.

Rodríguez G. (2009) Aspectos sobre salud radical de banano en Suelos de Venezuela. Producción Agropecuaria, Vol. 2, N.º1.

Rodríguez, Mayra; Gómez, Lucía y Díaz, Luisa. (2007). Alternativas para la sustitución del Bromuro de Metilo en el manejo de nematodos formadores de agallas (*Meloidogyne* spp.). CD Curso Introductorio a la Nematología Agrícola del 12 al 16 de noviembre. Maracay, Venezuela. Distribuido por INIA.

Romero, G., Olivera, V., y Rodríguez, D. (2016). *Trichoderma harzianum* como agente de control biológico. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/tricoderma-harzianum-como-agentet32904.htm>

Ruiz, Arely. (2011). Captura, Actividad Biológica e Identificación de volátiles de la interacción *Trichoderma asperellum* - *Sclerotium rolfii*. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional Centro de desarrollo de productos bióticos, Yautepec, Morelos, México.

Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E. U. B., et al. (2017). Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6 (4): 2133-2144.

Serrano E., Sandoval J., Pocasangre L., Rosales F., Delgado E. (2006). Importancia de los indicadores físico-químicos en la calidad del suelo para la producción sustentable de banano en Costa Rica, pp. 207-221. In: XVII Reunión Internacional ACORBAT. (2006, Santa Catarina, BR). Memoria. Santa Catarina, BR.

Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., et al. (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. *Phytopathology*, 107 (11): 1284- 1297.

Shuang, Z.; Hui, Z.; Zhi, J. (2016). Response of soil nematode community composition and diversity to different crop rotations and tillage in the tropics. *Applied Soil Ecology* 107: 134-143.

Siddiqi, M.R. (2000). *Tylenchida Parasites of Plants and Insects*. CABI, UK, 833 pp.

Siddiqi, M, R (2000). •Morphological characters- and taxonomic methods. In: • *Tylenchide parasites of plant and insect*. Second' edition..CAB•Internacional. UK.

Siddiqui, M. (1986). Tylenchidae: Parasites of Plants and Insects. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK. 645 p.

Sikora, R., Luc, M., & Bridge, J. (2015). Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI Publishing; CAB International; CABI Pub.

Singh, S. (2009). Morphological and molecular characterization of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) diversity in Fiji. Thesis of -master in Science in Biology, Suva, Fiji, University of the South Pacific. 109 p.

Suárez, H. y Rosales, L. (2004). Problemas nematológicos en musáceas. Revista Digital Ceniap hoy Número 6, septiembre-diciembre 2004 (en línea). Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado 20 jun. 2006. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarez_z.htm

Talavera. R. (2003). Manual de Nematología Agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Instituto de formación agraria y pesquera. Brasil. 23 p.

Taylor, A. y Sasser, J. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. 108 p.

Trinh, PQ; Wesemael, WML; Nguyen, STT; Nguyen, CN; Moens, M. (2010). Pathogenicity and reproductive fitness of *Pratylenchus coffeae* and *Radopholus arabocoffeae* on *Arabica coffee* seedlings (*Coffea arabica* cv. Catimor) in Vietnam. European Journal of Plant Pathology 130(1):45-57

Vallejo, M. (2014). "Caracterización y Clasificación de *Trichoderma* Nativo Aplicando Diferentes Medios de Cultivo a Nivel de Laboratorio Artesanal" (Trabajo Previo a la obtención del Grado Académico de Magister en

Agroecología y Ambiente). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ambato - Ecuador. Recuperado: [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/7691/tesisMaestríaAgroecología y medioAmbiente.pdf?sequence=1](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/7691/tesisMaestríaAgroecología%20y%20medioAmbiente.pdf?sequence=1)

Vera, D., H. Pérez y H. Valencia. (2002). Aislamiento de hongos solubilizadores de fosfatos de la rizosfera del arazá (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). Acta Biol. Colomb. 7, 33-40.

Verdejo, Soledad; Sorribas, F; Ornat, C. (2005). Control biológico de nematodos fitoparásitos. IRTA. Dpto. de Protección Vegetal. Carretera de Cabrils s/n, 08348 Cabrils, Barcelona. Disponible en: <http://www.agroinformacion.com/leerarticulo.aspx?not=410#>

Vergara, D., Guzmán P., O. A. & Leguizamón, J. E. (2012). Efecto In vitro de *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-Ard et al. y *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams sobre el nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Agronomía, 20(2), 25-36.

Villain, L; Anzueto, F; Hernández, A; Sarah, J. (1999). Los Nematodos Parásitos del Cafeto. In Bertrand, B; Rapidel, B. eds. 1999. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica, Agroamerica.

Wallace, H. (1964). The biology of plant parasitic nematodes. London, UK. Edward Arnold. 280 p.

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza para porcentaje de diámetro de raíz gruesa por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	5.6	3	1.9	0.190	0.900291184	3.86
Columnas	1451.0	3	483.7	49.117	6.65174E-06	3.86
Error	88.6	9	9.8			
Total	1545.3	15				

Anexo 2: Análisis de varianza para porcentaje de diámetro de raíz mediana, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	8.30	3	2.77	0.32	0.813981004	3.86
Columnas	665.55	3	221.85	25.31	0.000101498	3.86
Error	78.89	9	8.77			
Total	752.73	15				

Anexo 3: Análisis de varianza para porcentaje de diámetro de raíz fina, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	2.80	3	0.932	0.745	0.55195623	3.86
Columnas	161.30	3	53.766	42.953	1.1681E-05	3.86
Error	11.27	9	1.252			
Total	175.36	15				

Anexo 4: Análisis de varianza para porcentaje de raíces nuevas sanas por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	3.15	3	1.05	1.51	0.27635892	3.86
Columnas	205.56	3	68.52	98.74	3.3177E-07	3.86
Error	6.25	9	0.69			
Total	214.96	15				

Anexo 5: Análisis de varianza para porcentaje de raíces nuevas enfermas por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	3.15	3	1.05	1.51	0.27635892	3.86
Columnas	205.56	3	68.52	98.74	3.3177E-07	3.86
Error	6.25	9	0.69			
Total	214.96	15				

Anexo 6: Análisis de varianza para porcentaje de Índice de Intensidad de Daños, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	3.25	3	1.08	0.48	0.70182497	3.86
Columnas	534.47	3	178.16	79.45	8.5175E-07	3.86
Error	20.18	9	2.24			
Total	557.91	15				

Anexo 7: Análisis de varianza para porcentaje de peso para raíces sanas, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	70.1	3	23.367	1.842	0.20982087	3.86
Columnas	1410.49	3	470.163	37.063	2.1565E-05	3.86
Error	114.17	9	12.686			
Total	1594.76	15				

Anexo 8: Análisis de varianza para porcentaje de peso para raíces enfermas, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	72.43	3	24.14	1.951	0.19198137	3.86
Columnas	1267.92	3	422.64	34.157	3.0186E-05	3.86
Error	111.36	9	12.37			
Total	1451.72	15				

Anexo 9: Análisis de varianza para porcentaje de daño por nematodo, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	68.872	3	22.957	0.985	0.44212311	3.86
Columnas	1244.272	3	414.757	17.804	0.0003989	3.86
Error	209.661	9	23.296			
Total	1522.804	15				

Anexo 10: Análisis de varianza para altura de la planta, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	0.1025	3	0.0342	0.631	0.61336543	3.86
Columnas	1.3475	3	0.4492	8.292	0.00587413	3.86
Error	0.4875	9	0.0542			
Total	1.9375	15				

Anexo 11: Análisis de varianza para diámetro de pseudotallo, por efecto de los tratamientos.

<i>F.V</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F 5%</i>
Filas	66.35	3	22.12	0.6962	0.57737667	3.86
Columnas	565.44	3	188.48	5.9326	0.0162331	3.86
Error	285.93	9	31.77			
Total	917.72	15				