



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA  
PRODUCCIÓN.

**PROGRAMA DE MAESTRÍA DE  
EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN  
AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE**

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE HONGOS BENÉFICOS  
EN EL CONTROL DE *Radopholus similis* EN PLANTAS DE  
BANANO**

POR

**SAÚL ANIBAL MESTANZA VELASCO**

Guayaquil, Ecuador

2007





**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE  
LA PRODUCCIÓN.**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN EDUCACION  
E INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA TROPICAL  
SOSTENIBLE.**

**Rectores:**

Dr. M.Sc. Carlos Cedeño Navarrete **U.G.**  
Dr. Moisés Tagle Galárraga **ESPOL**

**Director Postgrado U.G.**

Econ. M.Sc. Washington Aguirre García

**Decanos:**

Ing. José Cuenca Vargas **Facultad CCNN – U.G.**  
M.Sc. Eduardo Rivadencira Pazmiño **FIMCP- ESPOL**

**Director Maestría**

Dr. Wilson Pozo Guerrero

**Directora Académico**

Dra. Carmen Triviño Gilces

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra en cualquier forma, sea electrónica o mecánica, sin el consentimiento previo del autor.

**Ing. Saúl Mestanza V.**

E-mail: sauljrmestanza@gmail.com

Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible

www.fecnn@ug.edu.ec Telf.: 042494270

Guayaquil.- Ecuador





UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

PROGRAMA DE MAESTRÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
EN AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE HONGOS BENÉFICOS  
EN EL CONTROL DE *Radopholus similis* EN PLANTAS DE  
BANANO**

POR

**SAÚL ANIBAL MESTANZA VELASCO**

Esta Tesis fue aceptada en su presente forma por el Comité Consejero y el Consejo Asesor del Programa de Educación e Investigación en Agricultura Tropical Sostenible de la Universidad de Guayaquil, como requisito parcial para optar al grado de:

**Magister en Ciencias con énfasis en la Agricultura Tropical Sostenible**

**COMITÉ CONSEJERO**

Myriam Arias de López (M Sc)

Alfonso Espinoza (M Sc)

Carmen Triviño Gilces (Ph.D)

**CONSEJO ASESOR**

Wilson Pozo Guerrero (Ph.D. Candidate)

Guayaquil, Ecuador  
2007



Los resultados, conclusiones y recomendaciones  
del presente trabajo son de exclusiva  
responsabilidad del autor.

---

Ing. Agr. Saúl Mestanza Velasco

## AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones públicas y privadas que de una u otra forma prestaron directamente su colaboración para la ejecución de la presente tesis.

- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Boliche.
- Departamento Nacional de Protección Vegetal, Sección Nematología de la Estación Experimental Boliche.
- Escuela Politécnica del Litoral.
- Dr. Wilson Pozo, Coordinador de la Maestría Agricultura Tropical Sostenible.
- Mi querida esposa Magaly Estrada G. Por el Amor y paciencia que me a tenido todos estos años de vida juntos.
- Mis padres, por todo el apoyo incondicional.
- A mi hijo Saulito, a quien dedico todo mi esfuerzo
- Dra. Carmen Triviño Gilces, por brindarme la ayuda necesaria y sin egoismo en todo momento.
- A mis amigos, compañeros de estudios de la Maestría y a todas las personas que me dieron su apoyo para la realización de éste trabajo, en especial:
  - Ing. Daniel Navia Santillan
  - Ing. Eloy Orellana Hidalgo
  - Agr. Luis Antonio Velasco Velasco
  - Sra. Alexandra Tomalá

## BIOGRAFÍA

Saúl Anibal Mestanza Velasco, hijo de Saúl Mestanza Solano y Magdalena Velasco Cobo, nació en Guayaquil, el 21 de diciembre de 1970.

La educación primaria la realizó en la Escuela Espíritu Santo de la ciudad de Guayaquil. La educación secundaria en el Colegio Naciones Unidas de la ciudad de Samborondon provincia del Guayas.

Los estudios Universitarios los realizó en la Ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos, en la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica, donde se recibió de Ingeniero Agrónomo en el año 2001.

Como profesional desde diciembre del 2004 realiza sus actividades como Investigador en el INIAP, primero en la Sección Nematología del Dpto. Nacional de Protección Vegetal y después en el Programa Nacional de Cacao.

Desde el año 2004 es profesor de la Facultad de Ciencias agrícolas, Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Ha realizado cursos de capacitación Nacional e Internacional en el manejo de cultivos entre ellos: banano, plátano, arroz, cacao.

## CONTENIDO

Resumen	x
Summary	xi
1. Introducción	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. General	3
1.1.2. Específicos	3
1.2. Hipótesis	3
2. Revisión de Literatura	4
2.1. Características general de <i>Radopholus similis</i>	4
2.1.1. Clasificación Taxonómica	4
2.1.2. Características morfológicas	4
2.1.3. Biología de <i>Radopholus similis</i>	5
2.1.4. Síntomas de plantas atacadas por <i>R. similis</i>	5
2.1.5. Asociación con otros organismos del suelo	6
2.1.6. Importancia económica	7
2.1.7. Alternativa de manejo de control de nemátodos	8
Uso de nematicidas	8
Agentes biológicos controladores	9
3. Materiales y métodos	15
3.1. Localización del experimento	15
3.2. Materiales	15
3.2.1. Material experimental.	15
3.2.2. Materiales de laboratorio	15
3.3. Métodos	16
3.3.1. Eficacia de hongos antagonista en plantas de banano para el control de <i>R. similis</i> , aplicados en vivero.	16
3.3.1.1. Metodología para multiplicación y cuantificación de esporas de hongos antagonistas	16
3.3.1.2. Procedimiento para el manejo de plantas de banano en el vivero	16
3.3.1.3. Procedimiento para el manejo de plantas de banano en el campo	17
3.3.1.4. Tratamientos	17
3.3.1.5. Diseño experimental	18
3.3.1.6. Modelo matemático	19
3.3.1.7. Prueba de rango múltiples	20
3.3.2. Eficacia de hongos antagonistas en plantas de banano para el control de <i>R. similis</i> , aplicados al vivero y al trasplante en el sitio definitivo.	20
3.3.3. Datos registrados	21
4. Resultados	22
4.1. Eficacia de hongos antagonista en el control de <i>R. similis</i> en banano con aplicaciones en vivero (ensayo 1).	22

4.1.1	Altura de plantas	22
4.1.2	Circunferencia del seudotallo entre 90 y 180 días del trasplante	24
4.1.3	Pesos de raíces	26
4.1.3.1	Peso de raíces sanas	26
4.1.3.2	Peso de raíces infestadas con nemátodos	27
4.1.3.3	Peso de raíces podridas	28
4.1.3.4	Peso totales de raíces	30
4.1.3.5	Porcentaje de raíces sanas	31
4.1.3.6	Densidad poblacional de <i>R. similis</i>	32
4.2	Eficacia de hongos antagonista en el control de <i>R. similis</i> en banano con aplicación en vivero y al trasplante en el sitio definitivo.	33
4.2.1	Altura de plantas	33
4.2.2	Circunferencia del seudotallo entre 90 y 180 días del trasplante	36
4.2.3	Peso de raíces	38
4.2.3.1	Peso de raíces sanas	38
4.2.3.2	Peso de raíces infestadas con nemátodos	41
4.2.3.3	Peso de raíces podridas	43
4.2.3.4	Peso total de raíces	45
4.2.3.5	Densidad poblacional de <i>Radopholus similis</i> en 100 g de raíces	48
5	Discusión	50
6	Conclusiones y Recomendaciones	54
7	Bibliografía	55
8	Anexos	61

## CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Identificación de tratamientos en vivero y campo.	18
Cuadro 2. Esquema del análisis de la varianza, con descomposición de los grados de libertad de cada factor.	20
Cuadro 3. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero.	23
Cuadro 4. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 180 días después de trasplante con aplicación en vivero.	23
Cuadro 5. Medias de tratamientos y significación estadística del incremento de altura de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.	24
Cuadro 6. Medias de tratamientos y significación estadística de circunferencia del seudotallo de banano a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero.	25
Cuadro 7. Medias de tratamientos y significación estadística del incremento de circunferencia de seudotallo de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.	26
Cuadro 8. Medias de tratamientos y significación estadística de pesos raíces sanas en plantas de banano, entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.	27
Cuadro 9. Medias de tratamientos y significación estadística de pesos de raíces de banano afectadas por nemátodos, entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.	28
Cuadro 10. Medias de tratamientos y significación estadística del peso de raíces podridas entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.	29
Cuadro 11. Medias de tratamientos y significación estadística del peso total de raíces de banano, entre 90 y 180 días del trasplante con aplicación en vivero.	30
Cuadro 12. Medias de tratamientos y significación estadística de pesos de raíces podridas en plantas de banano, entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.	31
Cuadro 13. Medias de tratamientos y significación estadística de <i>R. similis</i> en raíces de banano, con aplicación en vivero.	33
Cuadro 14. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero y campo.	34
Cuadro 15. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 180 días después de trasplante con aplicación en vivero y campo.	34

	<b>Pág.</b>
Cuadro 16. Medias de tratamientos y significación estadística del incremento de altura de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero y campo.	35
Cuadro 17. Medias de tratamientos y significación estadística de circunferencia del seudotallo de banano a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero y campo.	36
Cuadro 18. Medias de tratamientos y significación estadística de circunferencia del seudotallo de banano a los 180 días después de trasplante con aplicación en vivero y en campo.	37
Cuadro 19. Medias de tratamientos y significación estadística de incremento de circunferencia del seudotallo de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero y campo.	38

## FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Interacción del peso de raíces con nemátodos entre 5 hongos y tres dosis.	28
Figura 2. Interacción del peso de raíces podridas entre 5 hongos y tres dosis.	30
Figura 3. Interacción del porcentaje de raíces sanas entre 5 hongos y tres dosis.	32
Figura 4. Peso de raíces sanas en el efecto simple de siete tratamientos (cinco hongos, dos controles) y tres dosis de cada hongo, a los 90 días de transplante.	39
Figura 5. Peso de raíces sanas en el efecto simple de siete tratamientos (cinco hongos, dos controles) y tres dosis de cada hongo, a los 180 días de transplante.	40
Figura 6. Incremento del peso de raíces sanas del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, entre 90 y 180 días del transplante.	41
Figura 7. Peso de raíces con nemátodos del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 90 días de transplante.	42
Figura 8. Peso de raíces con nemátodos del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 180 días de transplante.	42
Figura 9. Diferencia en el peso de raíces con nemátodos entre las evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días de transplante.	43
Figura 10. Peso de raíces podridas del efecto simple de 5 hongos, 2 controles y tres dosis de cada hongo a los 90 días de transplante.	44
Figura 11. Peso de raíces podridas del efecto simple de 5 hongos, 2 controles y tres dosis de cada hongo a los 180 días de transplante.	44
Figura 12. Diferencia en el peso de raíces podridas, entre las evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días de transplante.	45
Figura 13. Peso total de raíces del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo a los 90 días de transplante.	46
Figura 14. Peso total de raíces del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo a los 180 días de transplante.	47
Figura 15. Incremento del peso total de raíces del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, entre 90 y 180 días de transplante.	47
Figura 16. Población de <i>Radopholus similis</i> del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 90 días de transplante.	48
Figura 17. Población de <i>Radopholus similis</i> del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 180 días de transplante.	49

## RESUMEN

Uno de los principales problemas fitoparásitos que presenta el cultivo de banano en Ecuador es el nemátodo barrenador de raíces, *Radopholus similis*. Este nemátodo causa pérdidas de producción registradas en nuestro país hasta en un 78 %. El método convencional para reducir las poblaciones de nemátodos es con el uso de nematicidas, sin embargo, actualmente se buscan medidas no químicas de bajo impacto ambiental como es el uso de hongos antagonistas para desarrollar una estrategia biológica que sea sostenible en la reducción de la densidad poblacional de nemátodos. El objetivo de éste trabajo fue evaluar la eficacia de los hongos *Paecilomyces lilacinus* 251 (cepa Filipina), *P. lilacinus* cepa ecuatoriana, el producto comercial Bionema (ingrediente activo *P. lilacinus*), *Trichoderma harzianum* y *T. viride*, aplicados sólo en vivero, y en vivero y campo.

Este trabajo se realizó en la Estación Experimental Boliche del INIAP para el cual se utilizaron cormos de banano procedentes de una bananera infestada con *R. similis*. Los tratamientos fueron la aplicación de los hongos mencionados, en dosis de  $40 \times 10^6$ ,  $50 \times 10^6$  y  $60 \times 10^6$  esporas por cada planta. Estos se compararon con un testigo químico (Vydate 24 % L) y un testigo absoluto.

Los resultados obtenidos muestran que con una sola aplicación de los hongos antagonistas en vivero e inclusive con una sola aplicación tanto en vivero como en el sitio de transplante en el campo, no se obtienen resultados eficaces en la reducción de la densidad poblacional de *R. similis*; sin embargo y en orden descendente mejor respuesta se obtuvo con el hongo *Paecilomyces lilacinus* cepa ecuatoriana, *P. lilacinus* (cepa filipina) y *Trichoderma harzianum*. Las dosis mencionadas no difieren entre ellas en el control de nemátodos.

## SUMMARY

One of the biggest problems of plants parasitic that represents the crop of the banana in Ecuador is the nematode burrowing of the roots, *Radopholus similis*. This nematode cause losses of production register in our country at least in a 78 %. The conventional method to reduce the population of the nematodes is with the use of the nematicide, however, at the present it's looking ways not chemical of low ambient impact is with the use of fungus antagonist to develop a biological strategy that supports in the reduction of the density population of nematodes. The objective of this work was to evaluate the efficacy of the fungus *Paecilomyces lilacinus* 251, *P. lilacinus* Ecuadorian corm, the Biome commercial product (active ingredient *P. lilacinus*), *Trichoderma harzianum* y *T. viride*, apply in vivero, vivero and field.

This work realice in the Experimental Station of Boliche in INIAP for the they use the corms of banano proceeded of a banana industry infest with *R. similis*. The treatments were the application of the fungus mention, in a shout of 40 x 10, 50 x 10 and 60 x 10 spore for each plant. These were comparing with a chemical witness (Vydate 24 % L) and an absolute witness.

The results obtain shows that with an only application of the antagonist fungus in a vivero and with just one application such as in the vivero and in the place of the field transplant, it didn't obtain effective results in the reduction of the population density of *R. similis*; however and in descending order a better result we had with the fungus *Paecilomyces lilacinus* Ecuadorian corm, *P. lilacinus* (Filipina corm) and *Trichoderma harzianum*. The dose mention does not defer between them in the control of the nematodes.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador se cultivan 180.311 ha de banano, de las cuales el 84 % están distribuidas en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro (INEC, 2002). El banano es uno de los cultivos más afectados por enfermedades e insectos; sin embargo, con la introducción de los cultivos del tipo Cavendish, los mayores daños después de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) han sido atribuidos a las lesiones originadas por los nemátodos, principalmente por *Radopholus similis* que se ha convertido en una plaga de importancia económica en la mayoría de los países productores de banano.

Existe un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efectos antagónicos y esta acción tiene que ser aprovechada como una alternativa de control biológico de patógenos vegetales. Estos agentes de control biológico son los instrumentos para la lucha biológica, que es la técnica de la defensa de los cultivos que nace del estudio de los equilibrios presentes en la naturaleza entre los organismos dañinos y sus antagonistas naturales. Son criados en grandes cantidades para ser distribuidos sobre los cultivos, con el propósito de reducir las poblaciones de los fitófagos.

En el mundo biológico existe una interacción continua entre los patógenos potenciales y sus antagonistas, de forma tal que los benéficos contribuyen a que en la mayoría de los casos no se desarrollen las enfermedades. En condiciones naturales los microorganismos están en un equilibrio dinámico en las plantas. Se han descrito varios mecanismos de acción de los antagonistas para controlar el desarrollo de patógenos. Algunos de estos son: antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática) e inducción de resistencia.

No es fácil determinar con precisión los mecanismos que intervienen en las interacciones entre los antagonistas y los patógenos en las plantas. En general, los antagonistas no tienen un solo modo de acción y la multiplicidad de estos es una característica importante para su selección como agentes de control biológico.

*Rhizoglyphus similis* Cobb (1863), es un nemátodo endoparásito migratorio que se alimenta básicamente de los líquidos de las células corticales de las plantas hospedadoras como banano y plátano, entre otras musáceas. Los daños causados en el sistema radical, provocan menor capacidad nutrimental de las plantas, lento crecimiento, raquitismo, se alarga el ciclo del cultivo, reduce la calidad y peso de la fruta. Por la falta de control de nemátodos a nivel mundial se han registrado hasta el 80 % de pérdidas en la producción (Sarah, 2000). En Ecuador las pérdidas causadas por nemátodos han sido determinada entre el 17 al 78 %.

Generalmente, el sistema de control de nemátodos se ha realizado utilizando productos químicos, que afectan a microorganismos benéficos, originando un desequilibrio del control biológico a más del deterioro del ambiente y la contaminación de su entorno.

El control biológico es clave en la estrategia innovadora para la defensa de los cultivos y el medio ambiente. La posibilidad de controlar especies dañinas resistentes a los productos químicos y la posibilidad de evitar el efecto fitotóxico de los plaguicidas, son sus ventajas fundamentales. Además el control biológico está libre de los efectos secundarios indeseables asociados a los insecticidas de amplio espectro y es uno de los métodos de mejor relación entre costo y efectividad. Cuando es aplicado por especialista bajo principios establecidos, el control biológico es una estrategia segura y no tiene efectos adversos sobre el ecosistema.

El antagonismo es la capacidad de competencia entre organismos para mantener el equilibrio biológico, se presenta como una lucha por espacio, nutrientes, hiperparasitismo y de toxinas derivadas de su propio metabolismo.

El Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Boliche, aisló de la rizósfera de plantas de banano y plátano a los hongos antagonistas de nemátodos *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *Paecilomyces lilacinus*, *P. variotti*, *Penicillium rubrum* y *P. frequentans*, que además estuvieron asociados con las lesiones causadas por *R. similis*. Estos hongos en pruebas de eficacia han

demostrado acción parasítica sobre *R. similis* en condiciones de laboratorio e invernadero (INIAP, 2005).

Con el propósito de alcanzar a nivel de campo la información necesaria para disponer de una estrategia sostenible para el control de nemátodos en banano, sin el uso de productos químicos y consecuentemente sin ningún daño al ambiente, se planteó el presente estudio con los siguientes objetivos.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

Determinar la ventaja comparativa del control biológico versus el control convencional de *R. similis* en banano.

### **1.1.2 Específicos**

Evaluar la eficacia de los hongos benéficos en el control de *R. similis* aplicados en el sustrato utilizado para el vivero de banano.

Determinar la eficacia de los hongos en el control de *R. similis* aplicados al trasplante en el sitio definitivo.

## **1.2. Hipótesis**

El control biológico del *Radopholus similis* con hongos antagonistas permitirá mantener una producción sustentable en el cultivo de banano.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Características generales de *Radopholus similis*

#### 2.1.1. Clasificación Taxonómica

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

Phylum:	Nematoda	Sub-familia:	Pratylenchinae
Orden:	Tylenchida	Género:	<i>Radopholus</i>
Super-familia:	Tylenchoidea	Especie:	<i>similis</i>
Familia:	Pratylenchidae		

#### 2.1.2. Características morfológicas

Los nemátodos son microorganismos pequeños de menos de 1 mm de longitud, cuerpo recto o ligeramente curvado ventralmente cuando es fijado por calor. El Nemátodo barrenador *R. similis* presenta un marcado dimorfismo sexual en la región anterior.

La hembra presenta la región cefálica baja, fuertemente esclerotizada continua o ligeramente separada, anulada o lisa, estilete bien desarrollado (de 14 a 23  $\mu\text{m}$ ), el cono y la columna presentan longitudes similares. En el esófago el metacarpus es bien desarrollado, glándulas del esófago alargadas que traslapan el intestino dorsalmente. Vulva usualmente localizada entre 50 y 60 % de la longitud del cuerpo, didélfica andidélfica. Espermateca de redondeada a oval. Cola alargada de conoide a subcilindroide.

El macho tiene la región cefálica alta y redondeada, separada por una incisura del resto del cuerpo, estilete y esófago reducidos, la cola del macho es generalmente mas afilada que la de la hembra, la bursa es subterminal, espículas arqueadas, gubernaculum largo protusible con titillidumbre en posición distal (Esquivel, 2001; Fallas, 1992).

El primer estadio juvenil se encuentra dentro del huevo y los tres estadios juveniles siguientes fuera del mismo; puede reconocerse basándose en el grado de desarrollo de su sistema reproductor, el cual es del tipo didelfico-andifelfico en la hembra y monorquido en el macho. El sexo puede reconocerse en el segundo estadio juvenil mediante el uso de microscopio electrónico (Rivas y Roman, 1985).

### 2.1.3. Biología de *Radopholus similis*

Está reportado que *R. similis* demora alrededor de 5 años para desaparecer del suelo si no se cultiva banano, durante este periodo, presumiblemente se mantienen debido a la presencia de malezas hospedantes. La diseminación es a través de material vegetal enraizado y suelo dentro de una parcela, por el contacto entre raíces, agua de irrigación, maquinaria agrícola, la diseminación dentro de una parcela de banano se estima de 3 a 6 m. Todos los estados larvales y hembras adultas son infestivos y capaces de penetrar las raíces en cualquier punto, pero la entrada es normalmente en la punta de la raíz. El nemátodo se alimenta y atraviesa la corteza formando extensas cavidades (Araya, 2003).

El ciclo de vida es de 20 a 25 días a una temperatura de 24 a 32 °C. Presenta un estadio de huevo, cuatro estadios juveniles y el adulto. La hembra pone de cuatro a cinco huevos por día durante dos semanas (Fallas, 1992).

La población puede aumentar 10 veces en 45 días, bajo condiciones favorables. En el suelo, la población puede alcanzar aproximadamente 3.000 individuos por kilogramo de suelo, mientras que en la raíz puede exceder 100.000 por 100 gramos de raíz.

### 2.1.3. Síntomas de plantas atacadas por *R. similis*

Los síntomas causados por *R. similis* en el sistema radical varían considerablemente con el comportamiento biológico del nemátodo. Lo frecuente es observar en la raíces lesiones oscuras, café y pardo rojizas en la epidermis, las cuales penetran y atraviesan parénquima cortical y algunas veces alcanzan el

cilindro central vascular. Las lesiones generalmente coalescen produciendo una atrofia del tejido radical. En alta infestaciones, *R. similis* migra hasta el cormo, provocando lesiones de color pardo rojizo y negras que suelen esparcirse aún a los cormos de hijos recién brotados (Araya, y De Waele, 2004; Valette *et al.*, 1997; Mateille, 1994).

*R. similis* destruye el sistema radical, el rizoma del banano y del plátano, por lo tanto, disminuye la capacidad de anclaje de la planta, la cual tiende a volcarse. Además, provoca una reducción en el crecimiento de la planta y en el tamaño del racimo, alarga el período en que la planta entra en producción y reduce la longevidad de las plantaciones.

Fallas (1992), estudió los cambios histológicos que provoca *R. similis* en raíces de *Musa* spp. y determinó que el nemátodo se posiona entre las células del parenquima cortical y se alimenta del citoplasma de las células aledañas. El núcleo y el nucleolo aumentan de tamaño. El citoplasma desaparece casi por completo, el núcleo se desintegra y la pared celular se rompe originando cavidades en el tejido; entonces, el nemátodo se mueve a lo largo de estas cavidades en busca de nuevos sitios de alimentación.

Este mismo autor indica que las cavidades colisionan y se alargan hasta la endodermis, esta es fuerte y densa, especialmente la pared tangencial interna, y constituye una barrera a la entrada del patógeno. La hiperplasia y la hipertrofia no son usuales y la necrosis se confina a las células epidérmicas dañadas y a las que rodean las cavidades o túneles.

#### **2.1.4. Asociación con otros organismos del suelo**

Uno de los factores involucrados en el desarrollo de enfermedades en las plantas es la posible asociación de mas de un microorganismo en una planta hospedera. Los fitonemátodos a menudo desempeñan un papel muy importante en las interacciones con hongos, bacterias y virus (Gowen, 2000).

Distintos microorganismos se han encontrado asociados al sistema radical del banano; esta asociación crea complejos de enfermedad que tienen un efecto devastador en el sistema radical del cultivo. Las interacciones biológicas complejas que pueden darse entre nemátodos como *Pratylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., hongos como *Fusarium* spp., y *Rhizoctonia* spp. y el insecto *Cosmopolites sordidus* presentes también en raíces dañadas del banano, pueden influir positiva o negativamente en la dinámica poblacional de *R. similis* (Esquivel, 2001).

Los daños del nemátodo se pueden dividir en directos e indirectos. Los primeros consisten en la destrucción del sistema radical y el rizoma. Las plantas atacadas por el nemátodo pueden presentar los síntomas de la enfermedad conocida como "cabeza negra". Los daños indirectos se presentan por la invasión de otros patógenos en las lesiones provocadas por el nemátodo. Se ha reportado la presencia de *Radopholus similis* y el hongo *Cylindrocladium* sp. en lesiones radicales de banano. Y que *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme*, *Cylindrocarpon musae* y *Acremonium stromaticum* fueron los organismos más frecuentes en las lesiones ocasionadas por el mismo nemátodo. También existe una interacción de *Radopholus similis* con el hongo *Fusarium oxysporum* y la bacteria *Pseudomonas solanacearum* (Fallas, 1992).

#### 2.1.6. Importancia económica

A nivel mundial, los fitonemátodos provocan pérdidas de aproximadamente un 12 % de los rendimientos de los cultivos agrícolas, representando una pérdida de 78 billones de dólares. En banano, según Sasser y Freckman (1987) la pérdida promedio a nivel mundial asciende a un 19,7 % equivalente a \$ 178.049.979. Sin embargo, en una recopilación realizada por Araya (1995) encontró que dependiendo de las condiciones agroecológicas y del cultivar, la reducción en el rendimiento puede alcanzar hasta un 80 % (Araya, 2003). Según Sarah (1989) en África las pérdidas de rendimiento varían de un 20 a 80 %. En Puerto Rico (Liv *et al.*, 1994; Chavarría, 1998) reportan un 50 % de reducción en producción en la primera generación. En Ghana las pérdidas de por nemátodos en plátano se

oscilan del 25 al 64 % en la primera y de 50 a 90 % en las generaciones futuras (Llata, 1997).

Enlatas (1992) asegura que después de la Sigatoka negra, las lesiones por nemátodos y la posterior invasión por hongos y bacterias, constituyen la más seria enfermedad de las variedades del sub-grupo Cavendish (Musa AAA).

#### **2.1.7. Alternativa de manejo de control de nemátodos**

El combate de nemátodos no es sencillo por que su eficacia depende de la identidad correcta del organismo a controlarse, del cultivo afectado, de un conocimiento de la fisiología biología de ambos organismos (planta-nemátodo) y de los factores ambientales asociados con la expresión de síntomas. Los nemátodos fitoparásitos son combatidos principalmente con métodos que pueden tener resultados satisfactorios como son, prácticas culturales y el control biológico principalmente con hongos y bacterias (Rodriguez - Kabana 1991; Taylor y Sasser 1983).

La resistencia genética es una de las opciones más asequibles para el control; sin embargo, la obtención de germoplasma mejorada de *Musa* no ha sido fácil, debido a su complejidad genética (Jones 2000, Rowe y Rosales 2000). Los mecanismos de resistencia a nemátodos no son muy conocidos sin embargo, se han mencionado algunas barreras físicas, fitoalexinas y o compuestos fenólicos (De Waele, 2000).

#### **Uso de nematicidas**

La alternativa más utilizada y rápida para el control de nemátodos en banano ha sido el uso de nematicidas, que en muchos casos es la única herramienta disponible. La principal ventaja de estos productos radica en que el uso de nematicidas ha permitido incrementos significativos en el crecimiento y producción. Sin embargo, esta bien documentado que las repercusiones ambientales y sociales que estos productos conllevan es lo que los restringe. La contaminación que provocan en el ambiente, representan una amenaza constante

para la ecología de los agroecosistemas. Además, el uso indiscriminado de una determinada molécula generalmente resulta en pérdida de efectividad, producto de la degradación biológica a metabolitos no tóxicos. Entre los organismos que pueden estar involucrados en la degradación son las bacterias *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium* sp. y los hongos *Penicillium waksmani* y *Trichoderma* (Araya, 2000)

### **Agentes biológicos controladores**

Según Zerba (2003), informa que el control biológico se refiere, por un lado, al fenómeno natural que consiste en la regulación del número de plantas y animales por medio de enemigos naturales (parásitos, predadores y patógenos). Por otro lado, al control aplicado de plagas, técnica que incluye la manipulación de esos agentes naturales por el hombre para reducir las pérdidas en agricultura, ganadería o productos comerciales.

El mismo autor manifiesta que el control biológico aplicado se implementa de tres formas diferentes o combinaciones de las mismas. Es conservativo cuando se mejoran las prácticas culturales en los cultivos para favorecer el desarrollo de los agentes de control biológico y sus efectos. Es aumentativo cuando los agentes de control biológico se producen en forma masiva en el laboratorio y se aplican en forma inoculativa o inundativa para destruir las plagas. La forma clásica es la fase de aplicación compuesta por el descubrimiento, importación y establecimiento de enemigos naturales exóticos.

El control biológico de los nemátodos, significa un aporte muy importante por cuanto, de los grupos de organismos que habitan en el suelo, los nemátodos ocupan el segundo lugar en términos de abundancia, sólo superados por los protozoos. Se estima que constituyen entre el 10-30 % de la biomasa de los organismos multicelulares y alrededor del 1 % del total de la biomasa del suelo (Crespo, 2003).

Los nemátodos parásitos de plantas tienen enemigos naturales y algunos de ellos son considerados posibles agentes biocontroladores. En muchos ensayos se ha usado materia orgánica donde se reproducen los enemigos naturales. Algunos de estos enemigos son nemátodos depredadores (*Mononchus*, *Trypila*, *Seimura*), *Rotiferos*, *Tardigrados*, Insectos (*Colembolas*) y otros. Entre los parásitos se encuentran algunos protozoarios, virus, bacterias y hongos todos estos ejercen una regulación bajo diferentes condiciones del ecosistema (Roman; Acosta, 1984).

Se ha aislado a especies de hongos asociados con los quistes y huevos de nemátodos de los géneros *Globodera* spp., *Heterodera* spp. y *Meloidogyne* spp., de estos los más importantes han sido: *Cylindrocarpon* sp., *Exophila* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Paecilomyces* sp. y *Verticillium* sp. (Morgan y Rodríguez-Kabana, 1985).

Rodríguez - Kabana (1991) menciona que los hongos endoparásitos se pueden encontrar: *Catenaria* spp., *Myczocytiium* spp., *Hoptoglossa* spp., *Meristacrum* spp., *Verticillium* spp., *Cephalosporium* spp. y *Harposporium* spp. han sido encontrados parasitando a nemátodos.

Se han detectado más de 150 especies de hongos que pueden atacar a los nemátodos, entre los cuales se encuentran *Stylopage* spp., el cual efectúa la captura por medio de hifas adhesivas individuales; *Arthobotrys* spp. y *Nematoctenus* spp. los cuales poseen una especie de nódulos que se adhieren a la boca del nemátodo. En el caso de *Datylaria* spp. este forma anillos restringentes con los cuales captura los nemátodos (Goes y Rooy, 1998).

Según Schuter y Sikora (1998) determinaron la presencia de hongos en los tejidos radiculares del banano en diferentes localidades y cultivares. Estos mismos autores, en estudios realizados en Kenia y Uganda, observaron una relación positiva entre la cantidad de colonización de hongos y la densidad de nemátodos en algunos cultivares. También afirman que en pruebas *in vitro* con filtrados de *Radopholus similis* va del 12 al 16 % de los hongos seleccionados y fueron los responsables de más del 90 % de mortalidad.

Los mismos autores, indican que en un bioensayo con raíces cortadas o con plántulas provenientes del cultivo de tejidos fue utilizada para evaluar una colonización endofita y mediante aislados con metabolitos activos mostraron un importante crecimiento endosito. Los porcentajes de colonización de las zonas radiculares específicas fueron del 9 al 39 %. En ensayos de invernadero también se observaron reducciones significativas de *Radopholus similis* y mayor crecimiento de las plántulas de banano.

La asociación de los hongos nematofago como parte de la rizósfera de las vitroplantas permitiría reducir o eliminar las pérdidas que se producen, disminuir los costos debidos al uso de sustancia químicas y preservar la salud del suelo, en este caso la protección de las raíces de las plántulas se produciría en forma natural, debido al manejo ecológico que se ha hecho (Castellano, 2000).

La interacción entre dos hongos endomicorrizicos (*Glomus mosseae* y *G. sparcum*) y el nemátodo fitoparásito *Radopholus similis* se probó en plántulas de banano en condiciones controladas. No se evidencia ningún efecto benéfico de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas y raíces, sin duda debido a problemas de nutrición. Sin embargo, dichos hongos muestran un efecto inhibitorio significativo sobre el desarrollo del nemátodo en las raíces de banano. Este resultado esperanzador abre posibles vías para un manejo del parásito dentro de una estrategia de control integrado que respete el medio ambiente (Mavoungon, 2001).

Segun Jiménez, (2003) dice que los hongos nematófagos aparecen en todos los grupos fúngos y están divididos en los que tienen estructura adhesiva especializada que capturan nemátodos y otros que son productores de toxinas. Los de estructura adhesiva como los "atrapadores", no son muy efectivos para un control biológico, pueden ser útiles en ciertas situaciones, en los invernaderos, donde los suelos son siempre esterilizados, y además se le incorpora grandes cantidades de materia orgánica e inóculos fúngos. En Francia se comercializan los productos basados en hongos atrapadores, *Arthobotrys robusta* y *A. irregularis*, que han dado buenos resultados en condiciones controladas, pero muy variables en otras condiciones, pero son muy variables en otras condiciones.

En los productores de toxinas están *Paecilomyces lilacinus* y *Verticillium chlamydosporium* (actualmente *Pochonia chlamydosporium*). Estos hongos que parasitan huevos de nemátodos pueden limitar la multiplicación en el campo, además según resultados de investigación, parecen ser lo más adecuados para su desarrollo como biorreguladores de poblaciones de nemátodos.

Este autor también publica que en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú, aislaron y cultivaron un hongo común en el suelo *P. lilacinus*, que parasita huevos y juveniles de *Meloidogyne incógnita*. Investigaciones siguientes demostraron que este hongo controla poblaciones de nemátodos en diferentes cultivos como *M. arenaria* en tomate, *M. globodera* en papa, *Cactodera cacti* en plantas ornamentales y recientemente en el nemátodo barrenador del banano *R. similis*.

Sosnowska (2002) encontró a los hongos nematófagos *Pochonia chlamydosporium* var. *Chlamydosporia*, *Paecilomyces lilacinus* y *Cylindrocarpon destructans* en huevos y juveniles de *Meloidogyne arenaria* y *Heterodera schachtii* en remolacha. Este mismo autor menciona que en pruebas de eficacia *P. chlamydosporium* y *P. lilacinus* parasitaron el 90 % de huevos de los nemátodos, mientras que *C. destructans* infestó solo el 50 %. Con respecto al parasitismo sobre juveniles de nemátodos, *C. destructans* parasitó el 19 % a temperatura de 25 °C; *P. Chlamydosporia* infectó del 3 al 10 % y *P. lilacinus* no infectó a ningún juvenil.

Eharon (2002), manifiesta que los agentes de bio control como *Trichoderma harzianum*, pueden afectar a *Meloidogyne javanica* mediante parasitismo directo sobre el segundo estadio juvenil (J2) y huevos, y mediante la producción de metabolitos que afectan a la viabilidad del J2 y huevos eclosionados, esto se lo demostró mediante pruebas de filtración rápida IM1206040 (designado WT) y otros transgénicos P-2, los cuales contienen múltiples copias del gen proteínas a prN y T-203 (Y). T-44, T-35 y T-315. El IM1206040 transporta una fusión del promotor *prhl* con el gen de proteína fluorescente verde fue utilizado para demostrar, que este gen es girado durante la interacción entre los hongos y los nemátodos.

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) identificó en haciendas bananeras del país dos especies de hongos *Trichoderma viride* y *Cylindrocarpom destructans*, los cuales fueron aislados y multiplicados masivamente, para luego someterlas a experimentaciones de laboratorio y de invernadero, bajo condiciones de laboratorio se observaron una mortalidad de 52 % y un porcentaje mas bajo en las pruebas en macetas en invernadero.

En Alemania se ha desarrollado una formula industrial granulada con el hongo *Penicillium lilacinus* comercializado como Bioact (Davide, 1994), esta cepa fue encontrada parasitando a *R. similis* en plantaciones de banano en Filipinas, y según pruebas de eficacia tiene efectos positivos en el parasitismo de huevos, juveniles y adultos.

Estos ensayos de invernadero también comprobaron que estas dos especies de hongos tienen el mismo nivel de efectividad que uno introducido en el país (*Penicillium lilacinus*), que actualmente se comercializa en el mercado (Avilés, 2003).

En Nueva York (E. E. U.U.), el hongo *Trichoderma harzianum* ha sido formulado por Bio work y lo distribuye como Planter Box<sup>tm</sup>. Esta formulación de conidios es diseñada para aplicación en mezclas con la semilla (grande) en los cultivos de maíz, fréjol, algodón y soya.

Las esporas del hongo son liberadas al germinar la semilla y protege de enfermedades al sistema radical como damping off; además coloniza a las micelas del suelo (Whipps y Lumsden, 2000). Estos mismos autores manifiestan que *T. viride* también se lo ha industrializado como un agente biológico controlador y se lo vende con el nombre de Ecofit. El mayor uso que le dan es para reducir los problemas de *Fusarium* en algodón, arveja, girasol, soya, maíz y hortalizas.

Batz y Goeltel (2000) también reportan a *T. harzianum* como ingrediente activo del producto Trichopel para control de hongos causantes de enfermedades en Nueva Zelanda. También reportan que existen otros productos comerciales con

este mismo ingrediente activo en otros países con los nombres de T-22 y T-22 HB para el combate de *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Sclerotium* en EE.UU. En Dinamarca comercializan a *T. harzianum* con el nombre comercial Supresivit. En Suecia se comercializa como Trichodowels y Trichojetc para hongos causantes de marchitez. En Bélgica lo distribuyen como Trichodex para el control de *Botrytis cinerea*. Estos mismos autores mencionan al hongo *Myrothecium verrucaria* que es el ingrediente activo del producto Ditera como un controlador de nemátodos en Bélgica.

*T. harzianum* es especie morfológicamente y genéticamente variable. Esto ha hecho que más de una especie estén involucrados como *T. harzianum*. Han determinado que crece y esporula muy bien a 35 °C (Chaverri *et al.*, 2003).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Boliche del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), cantón Naguachi, provincia del Guayas; con latitud sur de 2° 15' 15" y longitud occidental de 73° 28' 40", a 17 msnm con una temperatura media anual de 26 °C y 83 % de humedad relativa media anual.

Las evaluaciones de poblaciones de nemátodos y colonización de los hongos antagonistas en la rizósfera del banano se las efectuó en el laboratorio de Nematología del Dpto. de Protección vegetal de ésta Estación Experimental.

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1. Material experimental.

Se utilizó cepas de banano cv. Cavendish provenientes de una plantación establecida infestados con *R. similis* en la hacienda Primobanano. Se probó la eficacia de los hongos antagonistas de nemátodos: *Trichoderma harzianum*, *T. viride* y *Paecilomyces lilacinus* (cepa Filipinas, cepa ecuatoriana y el producto Nemaxema a base de ésta especie de hongo). También se utilizó el nematicida Pydrate 24 %L.

##### 3.2.2. Materiales de laboratorio

Para efectuar la investigación se utilizó equipos, materiales y reactivos del laboratorio de Nematología como estereomicroscopio, microscopio compuesto de cámara de aislamiento, incubadora, autoclave, hemocitómetro, cajas de Petri, balanza electrónica, vasos de precipitación, matraces, licuadora, tamices de malla, contadores chequeadores, dextrosa, agar, alcohol, papel aluminio, papel seda, algodón, mecheros.

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1. Eficacia de hongos antagonista en plantas de banano para el control de *R. similis*, aplicados en vivero (ensayo 1)

##### 3.3.1.1. Metodología para multiplicación y cuantificación de esporas de hongos antagonistas

La multiplicación de los hongos antagonistas se realizó en arrozillo, este se lavó y se colocó en un tamiz No. 60 para escurrir el agua. El arrozillo se colocó en matraces de 1000 ml hasta la mitad del volumen y se los tapó con algodón forrado con papel aluminio, se sellaron con cinta de papel y se colocaron en el auto clave hervido por 30 minutos para la esterilización. En este sustrato se adicionó por separado aproximadamente 1 cm<sup>3</sup> de cada hongo seleccionado. Los matraces conteniendo el sustrato-hongo se los mantuvo a temperatura ambiente durante 15 días.

Finalmente, se realizó el conteo respectivo de conidias y esporas de cada hongo, para el cual se tomaron 100 mg del sustrato-hongo y se diluyó en 100 ml de agua estéril. De éste se tomó una alícuota de 1 ml y se colocó en un hemocitómetro para ser contadas y por una transformación aritmética se procedió a calcular el número aproximado de conidias y esporas presentes en la dilución, con este valor se efectuó el cálculo correspondiente para aplicar a cada planta de banano las dosis a investigar según tratamientos.

##### 3.3.1.2. Procedimiento para el manejo de plantas de banano en el vivero

Se extrajo el cormo de 320 plantas de banano infestadas con *Radopholus similis* de la hacienda "Primobanano", de éstas se seleccionaron para la investigación 272 cormos de aproximadamente 2 kg de peso. En la Estación Experimental Boliche, con machete se les hizo una limpieza superficial del tejido necrosado.

Los cormos fueron sembrados en fundas de polietileno de color negro de 14" x 9' x 0.5" llenas con 10 kg de suelo orgánico tomado en una huerta de cacao. El

se lo colocó sobre un tendal de cemento y se cubrió completamente con una lámina de plástico y se solarizó durante tres semanas.

Cuando se hizo la siembra de los cormos en las fundas, se aplicaron los hongos antagonistas alrededor del cormo con ayuda de una micropipeta, a excepción de los testigos químico y absoluto. Para el caso del testigo químico, los cormos se sumergieron durante 15 minutos en una solución de Vydate 24 % L, en dosis de 2.5 /ml de agua. Durante las primeras tres semanas las plantas fueron regadas con poco agua para evitar la pérdida de las esporas por filtración a través del agua.

Finalmente se las mantuvo en el vivero durante dos meses y posteriormente se las trasplantaron en el sitio definitivo a una distancia de 2.5 m entre hileras x 2.5 m entre plantas.

### **3.3.1.3. Procedimiento para el manejo de plantas de banano en el campo**

En el campo, cada parcela experimental tuvo un área de 20 m<sup>2</sup> donde se construyeron canales longitudinales de 25 cm de profundidad a 2.5 m de distancia entre ellos, y a lo largo del camellón se trasplantaron las plantas a una distancia de 2.5 m, para el cual se cavaron hoyos de 40 cm de ancho x 40 cm de profundidad. En este ensayo, al momento del trasplante se aplicaron los mismos tratamientos que en vivero.

### **3.3.1.4. Tratamientos**

Los hongos antagonistas de nemátodos, las dosis y los otros tratamientos estudiados, se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Identificación de tratamientos en vivero y en campo.

Tratamiento	Aplicación en vivero		Aplicación campo
	Esporas/planta		Esporas/planta
1 <i>Trichoderma harzianum</i>	40 x 10 <sup>6</sup>	+ 40 x 10 <sup>6</sup>	40 x 10 <sup>6</sup>
2 <i>Trichoderma viride</i>	40 x 10 <sup>6</sup>	+ 40 x 10 <sup>6</sup>	40 x 10 <sup>6</sup>
3 <i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	40 x 10 <sup>6</sup>	+ 40 x 10 <sup>6</sup>	40 x 10 <sup>6</sup>
4 Bionema ( <i>P. lilacinus</i> comercial)	40 x 10 <sup>6</sup>	+ 40 x 10 <sup>6</sup>	40 x 10 <sup>6</sup>
5 <i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	40 x 10 <sup>6</sup>	+ 40 x 10 <sup>6</sup>	40 x 10 <sup>6</sup>
6 <i>Trichoderma harzianum</i>	50 x 10 <sup>6</sup>	+ 50 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>
7 <i>Trichoderma viride</i>	50 x 10 <sup>6</sup>	+ 50 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>
8 <i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	50 x 10 <sup>6</sup>	+ 50 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>
9 Bionema ( <i>P. lilacinus</i> comercial)	50 x 10 <sup>6</sup>	+ 50 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>
10 <i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	50 x 10 <sup>6</sup>	+ 50 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>
11 <i>Trichoderma harzianum</i>	60 x 10 <sup>6</sup>	+ 60 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>
12 <i>Trichoderma viride</i>	60 x 10 <sup>6</sup>	+ 60 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>
13 <i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	60 x 10 <sup>6</sup>	+ 60 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>
14 Bionema ( <i>P. lilacinus</i> comercial)	60 x 10 <sup>6</sup>	+ 60 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>
15 <i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	60 x 10 <sup>6</sup>	+ 60 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>
16 Vydate 24 % L (Testigo químico)	2.5 ml/l agua	2.5 ml/l agua	2.5 ml/l agua
17 Testigo absoluto	0	0	0

### 3.3.1.5. Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en un Diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 5 x 3 + 2, con cuatro repeticiones, formada cada una de éstas de cuatro plantas, con un total de 17 plantas por tratamiento y 272 plantas por ensayo.

### 3.3.1.6. Modelo matemático

La información obtenida responde al siguiente modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + H_j + D_k + C_{ij} + E_l + (T \times E)_{jkl} + C_{ijk}$$

De donde:

- $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta
- $\mu$  = Media general
- $R_i$  = Efecto de hongos antagonistas
- $H_j$  = Efecto de dosis
- $D_k$  = Efecto de nematicida
- $C_{ij}$  = Hongos por dosis
- $E_l$  = Hongos por testigos
- $(T \times E)_{jkl}$  = Efecto de interacciones
- $C_{ijk}$  = Error experimental

Cuadro 2. Esquema del análisis de la varianza, con descomposición de los grados de libertad de cada factor

Fuente de variación	G.L.	
Tratamientos (T)	t-1	16
Hongos	h-1	4
Dosis	d-1	2
Hongos x Dosis	(h-1)(d-1)	8
Hongos vs Testigos		1
Testigo 1 vs testigo 2	t-1	1
Repetición (r)	r-1	3
Error Experimental a	(t-1)(r-1)	48
Epoca de Aplicación (e)	e-1	1
t x e	(t-1)(e-1)	16
Error experimental b	T(r-1)(e-1)	51
Total	tre-1	135

El análisis de varianza se realizó con los datos originales previa transformación por medio de  $\sqrt{x}$  y con la ayuda del programa estadístico MSTAT-C

### 3.3.1.7. Prueba de rango múltiples

Para la comparación de los promedios de los tratamientos, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad.

### 3.3.2. Eficacia de hongos antagonistas en plantas de banano para el control de *R. similis*, aplicados al vivero y al trasplante en el sitio definitivo (ensayo 2).

De igual manera que en el ensayo anterior, un total de 272 cormos se sembraron en bandejas de polietileno llenas con aproximadamente 10 kg de suelo orgánico esterilizado. A los cormos solamente se les eliminó el tejido superficial necrosado por nemátodos. La siembra de los cormos se realizó al mismo tiempo que el

ensayo antes descrito. Además en este ensayo no se aplicaron los tratamientos durante los dos meses que permanecieron en el vivero. Después de transcurrido este período se trasplantaron en el sitio definitivo y fue en este momento donde se aplicaron los mismos tratamientos detallados en el Cuadro 1.

### 3.3.3. Datos registrados

En cada uno de los ensayos se efectuaron evaluaciones a los 90 y 180 días después de trasplante al sitio definitivo. Las variables registradas fueron las siguientes:

**Altura de plantas.** Se midió desde la base de la planta hasta la unión de las dos últimas hojas.

**Circunferencia delseudotallo.** Fue medida a 1 m de altura desde la base de la planta.

**Peso de raíces sanas y afectadas por nemátodos.** Al frente de la planta, (2 por repetición) se cavó un hoyo sobre la superficie del suelo de 13,5 dm<sup>3</sup> (30 cm largo x 15 cm ancho x 30 cm de profundidad) y se colectaron todas las raíces. Estas se lavaron, se separaron las sanas de las afectadas y las dos categorías se pesaron por separado en una balanza electrónica

**Densidad poblacional de *R. similis*.** Se mezclaron las raíces sanas y dañadas y se cortaron en pedazos de 1 a 2 cm de largo, se pesaron 25 g por cada repetición y se licuaron por 20 segundos en la tercera velocidad de una licuadora. El licuado se pasó por tres tamices de arriba a bajo de N° 60, 100 y 400, en el último se colectó a los nemátodos, este sedimento se recogió en un vaso graduado y se lo aforó en 100 ml. Se extrajo alícuotas de 2ml y se colocaron en cámaras contadoras. Se evaluó la población de *R. similis* con el uso de un microscopio y contadores-chequeadores.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Eficacia de hongos antagonista en el control de *R. similis* en banano con aplicaciones en vivero (ensayo 1).

#### 4.1.1. Altura de plantas

Los resultados obtenidos en esta variable en evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días después de trasplante demostraron que según el análisis de la varianza no hay diferencias significativas entre tratamientos.

Se demostró que a los 90 días, los 15 tratamientos biológicos fueron similares al testigo químico y testigo absoluto. El factorial que comprendió los 15 tratamientos (5 hongos x 3 dosis) presentó la mejor media en altura de plantas tratadas con el hongo *T. viride* en dosis de  $60 \times 10^6$  esporas con el que registró una media de 104.75 cm. En el testigo químico se registró una altura media de 106.50 cm, mientras que el testigo absoluto registró una media de 102 cm (Cuadros 3 y A1). Las interacciones entre hongos y dosis también mostraron ser iguales entre si.

A los 180 días, al igual que para los 90 días, los 17 tratamientos se comportaron iguales. La mayor altura se registró con el hongo *T. harzianum* en la dosis  $50 \times 10^6$ , siendo ésta de 220 cm, seguida de *P. lilacinus* 251 en dosis de  $40 \times 10^6$  esporas por planta que presentó 214 cm de altura (Cuadro 4).

Las interacciones de los cinco hongos con sus tres dosificaciones, a los 180 días, presentaron la mejor interacción ya citada, seguida de las tres medias con la dosis  $60 \times 10^6$  de los tres últimos hongos enlistados como es *P. viride*, Bionema (*P. lilacinus* comercial) y *P. lilacinus* (Ecuador).

Cuadro 3. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero.

Hongos	Altura (cm) a 90 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	104.00 ns	93.00 ns	98.25 ns	98.42 ns
<i>Trichoderma viride</i>	82.75	104.50	104.75	97.33
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	87.00	96.75	100.50	94.75
Bionema	83.25	103.50	87.50	91.42
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	84.25	91.75	94.25	90.08
Media dosis	88.25 ns	97.90	97.05	94.40
Testigo químico				106.50 ns
Testigo absoluto				102.00
C.V. (%) = 3.44				

ns, no significativo

Cuadro 4. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 180 días después de trasplante con aplicación en vivero.

Hongos	Altura (cm) a 180 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	202.00 ns	220.00 ns	199.75 ns	207.25 ns
<i>Trichoderma viride</i>	196.50	204.75	202.25	201.17
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	214.00	204.75	198.25	205.67
Bionema	204.00	197.00	202.00	201.00
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	204.50	201.00	198.25	201.25
Media dosis	204.00 ns	205.50	200.10	203.27
Testigo químico				195.75 ns
Testigo absoluto				214.75
C.V. (%) = 5.35				

ns, no significativo

#### Incremento de altura de plantas entre 90 y 180 días del trasplante

El análisis estadístico de la diferencia en altura de plantas entre los valores obtenidos a los 90 y 180 días se presentan en los Cuadros 5 y A2. El mayor incremento en altura de plantas que fue de 111.17 cm se lo obtuvo con *Trichoderma harzianum* (cepa de Ecuador), seguido de *P. lilacinus* 251 (cepa ecuatoriana). El valor más bajo se obtuvo con el testigo químico que

fue de 89.25 cm; mientras que el testigo absoluto registró 112.75 cm. Con respecto a dosis, la mayor altura se registró con  $50 \times 10^6$  esporas que fue de 115.0

En las interacciones sobre el incremento de altura, los tratamientos más altos se obtuvieron con  $40 \times 10^6$  en el orden *Trichoderma viride*, *P. lilacinus* 251, *Bionema*, *P. lilacinus* Ec. En este nivel también estuvo *T. harzianum* en dosis de  $40 \times 10^6$ .

Cuadro 5. Medias de tratamientos y significación estadística del incremento de altura de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.

Hongos	Incremento altura (cm) entre 90 - 180 ddt			Media
	Dosis			
	$40 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$60 \times 10^6$	
<i>Trichoderma harzianum</i>	98.00 ns	127.00 ns	101.50 ns	108.83 ns
<i>Trichoderma viride</i>	113.75	100.25	97.50	103.83
<i>Faecilomyces lilacinus</i> 251	127.00	108.00	97.75	110.92
<i>Bionema</i>	120.75	93.50	114.50	109.58
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	120.25	109.25	104.00	111.17
Media dosis	115.95 ns	107.60	103.05	108.87
Testigo químico				89.25 ns
Testigo absoluto				112.75
C.V. (%) = 4.27				

ns. no significativo

#### 4.1.2. Circunferencia delseudotallo entre 90 y 180 días del trasplante.

En el análisis de la variancia de la circunferencia delseudotallo a los 90 días de trasplante, al igual que para altura, todas las fuentes de variación no fueron significantes.

Con respecto a las medias y según la prueba de Tukey, se demostró que a los 90 días después de trasplante, los 17 tratamientos fueron similares. En el factorial que comprendió los 15 tratamientos (5 hongos x 3 dosis), *T. harzianum* en dosis de  $40 \times 10^6$  y  $40 \times 10^6$  tuvo las mayores medias que fueron de 33 cm y 27 cm

respectivamente, les siguió Bionema  $50 \times 10^6$  con 27 cm. Entre los más altos también estuvo *T. viride* en dosis de  $50 \times 10^6$  y  $60 \times 10^6$  con 26.75 y 26.25 cm. En general, el promedio de todos los tratamientos antagonistas fue de 25.75 cm, el testigo químico registró 25.25 cm, y el testigo absoluto 26.25 cm (Cuadros 6 y A3). Las interacciones entre hongos y dosis también muestran que no hay significancia.

**Cuadro 6.** Medias de tratamientos y significación estadística de circunferencia del seudotallo de banano a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero.

Hongos	Circunferencia del seudotallo (cm) a 90 ddt			Media
	Dosis			
	$40 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$60 \times 10^6$	
<i>Trichoderma harzianum</i>	27.00 ns	24.00 ns	33.00 ns	28.00 ns
<i>Trichoderma viride</i>	22.25	26.75	26.25	25.08
<i>Paezelomyces lilacinus</i> 251	22.25	25.00	24.00	23.75
Bionema	22.00	27.00	22.00	23.67
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	21.50	23.75	23.50	22.92
Media dosis	23.00 ns	25.30	25.75	24.68
Testigo químico				25.25 ns
Testigo absoluto				26.25

C.V. (%) = 4.79

ns no significativo

#### **Incremento de circunferencia de seudotallo entre 90 y 180 días del trasplante**

La mayor diferencia obtenida en la circunferencia del seudotallo entre la evaluación a los 90 y 180 días la presentó el tratamiento con el hongo *P. lilacinus* 251, con 20.17, seguido de Bionema con 19.83 cm. El menor incremento resultó de 17.33 cm con el hongo *T. viride*.

Con respecto a dosis, las medias estuvieron muy cercanas, con mínima de 18.35 y máxima de 19.40 cm (Cuadros 7 y A4). Las mejores interacciones para el incremento de la circunferencia del seudotallo correspondieron a *T. harzianum* x dosis  $50 \times 10^6$  y por la dosis  $60 \times 10^6$ .

Cuadro 7. Medias de tratamientos y significación estadística del incremento de circunferencia de pseudotallo de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.

Hongos	Incremento circunferencia pseudotallo (cm) entre 90 - 180 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	15.75 ns	22.00 ns	21.25 ns	19.67 ns
<i>Trichoderma viride</i>	19.50	15.50	17.00	17.33
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	21.25	18.75	20.50	20.17
<i>Bionema</i>	22.00	16.25	21.25	19.83
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	17.00	19.25	17.00	17.75
Media dosis	19.10 ns	18.35	19.40	18.95
Testigo químico				18.00 ns
Testigo absoluto				17.75
C.V. (%) = 3.25				

ns, no significativo

#### 4.1.3. Pesos de raíces

##### 4.1.3.1. Peso de raíces sanas

En el Cuadro 8, se asientan los cuadrados medios y la significación de la variable peso de raíces sanas. El mayor peso fue de 45.97 g correspondientes al hongo *T. viride*, seguido de *P. lilacinus* 251 y *T. harzianum* con 42.82 y 40.07 gramos respectivamente. Con respecto a dosis se obtuvo una media máxima de 44.25 y mínima de 37.92 g, para 40 x 10<sup>6</sup> y 60 x 10<sup>6</sup>, respectivamente.

En las interacciones de tratamientos en raíces sanas, las funciones hongos x dosis demostraron ser las mejores; así, *T. viride* y *P. lilacinus* 251 en interacción con la dosis 40 x 10<sup>6</sup> registraron 51.09 y 50.64 g respectivamente. Le siguió en promedio la interacción *T. viride* x dosis 60 x 10<sup>6</sup> con 50.09 g.

**Cuadro 8.** Medias de tratamientos y significación estadística de pesos raíces sanas en plantas de banano, entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.

Hongos	Peso de raíces sanas (g)			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	43.58 ns	35.14 ns	41.51 ns	40.07 ns
<i>Trichoderma viride</i>	51.09	36.75	50.09	45.97
<i>Paezelomyces lilacinus</i> 251	50.64	44.88	32.95	42.82
Bionema	34.24	35.53	31.24	33.67
<i>F. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	41.73	38.76	33.83	38.10
Media de dosis	44.25 ns	38.21	37.92	40.13
Testigo químico				50.00 ns
Testigo absoluto				32.99
C.V. (%) = 19.47				

ns, no significativo

#### 4.1.3.2. Peso de raíces infestadas con nemátodos

En relación a la raíces con daños causados por nemátodos (lesiones y necrosis) se observa en el Cuadro 9. En las medias de los antagonistas, el valor más bajo de raíces dañadas lo registra *T. harzianum* (1.80 g), mientras que el más alto se obtiene con el tratamiento *P. lilacinus* 251 (7 g).

Dentro de los 17 tratamientos, *P. lilacinus* 251 x dosis 50 x 10<sup>6</sup> registró 12 g de raíces, el mismo que estadísticamente fue igual a la dosis 40 x 10<sup>6</sup> con 5.93 g. Los otros tratamientos presentaron pesos de raíces dañadas bajos, en un rango de 0.65 a 4,10 gramos.

En los que a interacciones se refiere, se determinó que el hongo *P. lilacinus* 251 tuvo la mayor media en peso de raíces dañadas. El menor peso de raíces con nemátodos correspondió a *T. harzianum* en dosis de 40 x 10<sup>6</sup> y 60 x 10<sup>6</sup> en las que se registró 0.65 g y 1.54 g respectivamente (Figura 1).

Cuadro 9. Medias de tratamientos y significación estadística de pesos de raíces de banano afectadas por nemátodos, entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.

Hongos	Pesos raíces afectada por nemátodos (g)			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	0.65 a	1.54 a	3.21 a	1.80 a
<i>Trichoderma viride</i>	2.13 a	1.78 a	2.29 a	2.07 a
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	5.93 ab	12.00 b	3.17 a	7.03 b
Bionema	1.10 a	3.16 a	2.00 a	2.09 a
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	0.69 a	1.74 a	4.10 a	2.18 a
Media dosis	2.10 ns	4.04	2.95	3.03
Testigo químico				0.46 ns
Testigo absoluto				2.38
C.V. (%) = 75.94				

Letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (P=0.05). ns = no significativo; \*\* = significativo al 1%.

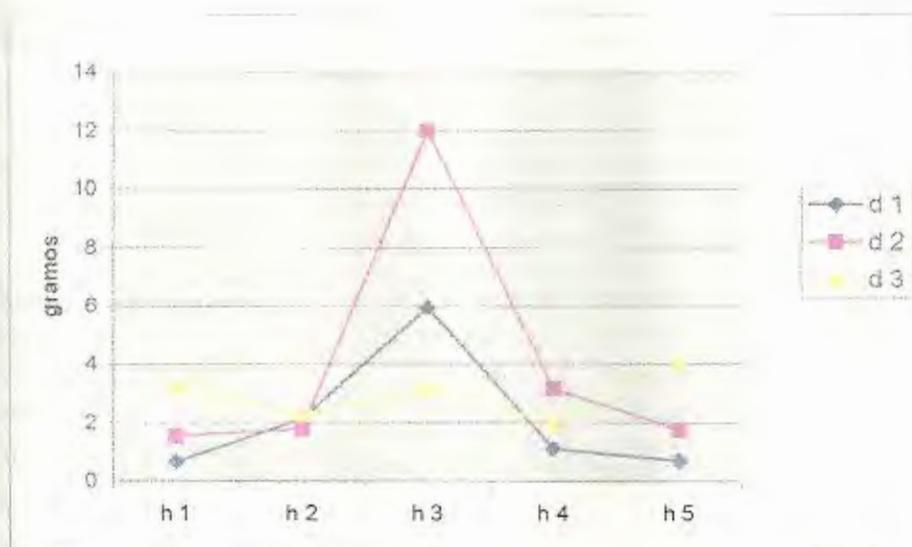


Figura 1. Interacción del peso de raíces con nemátodos entre 5 hongos y tres dosis.

#### 4.1.3.3. Peso de raíces podridas

Los cuadrados medios de tratamientos y la significación estadística se registran en los Cuadros 10 y A6. En ésta variable hubo significación estadística entre tratamientos, entre hongos x dosis y entre testigo químico y absoluto.

Todos las medias de los pesos en los hongos antagonistas fueron extremadamente bajos. El menor peso de raíces podridas fue de 2.36 g que correspondió al producto Bionema (*P. lilacinus*), seguido de *P. lilacinus* cepa de Ecuador con 2.42 g. El mayor peso de raíz podrida se lo obtuvo con *T. harzianum* 3.30 g. Las dosis probadas presentaron resultados muy cercanos. En general en los 17 tratamientos, según Tukey (P=0.05) a menor dosis de los hongos se ve menor daño en las raíces que con las dosis más altas. Sin embargo en testigo químico se ve la media con el menor daño (0.61 g), le sigue la media de todos los antagonistas con 2.75 g y finalmente el testigo absoluto con 3.88 g.

En la Figura 2 se representa las interacciones de los pesos de raíces podridas entre los cinco hongos y las tres dosis. Las mejores interacciones se observaron con los Bionema y *P. lilacinus* (Ecuador) en la dosis mínima y éste último también en la dosis media. También la dosis máxima para los hongos *T. harzianum*, *T. viride* y *P. lilacinus* 251.

Cuadro 10. Medias de tratamientos y significación estadística del pesos de raíces podridas entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.

Hongos	Peso de raíces podridas (g)			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	2.86 ab	4.95 b	2.08 ab	3.30 ns
<i>Trichoderma viride</i>	3.05 ab	2.70 ab	2.31 ab	2.69
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	2.61 ab	4.84 a	1.45 a	2.97
Bionema	1.08 a	3.38 ab	2.61 ab	2.36
* <i>lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	1.55 a	0.56 a	5.14 b	2.42
Media de dosis	2.23 ns	3.29	2.72	2.75
Testigo químico				0.61 a
Testigo absoluto				3.88 b
C.V. (%) = 51.92				

Letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (P=0.05), ns = no significativo; \*\* = significativo al 1%.

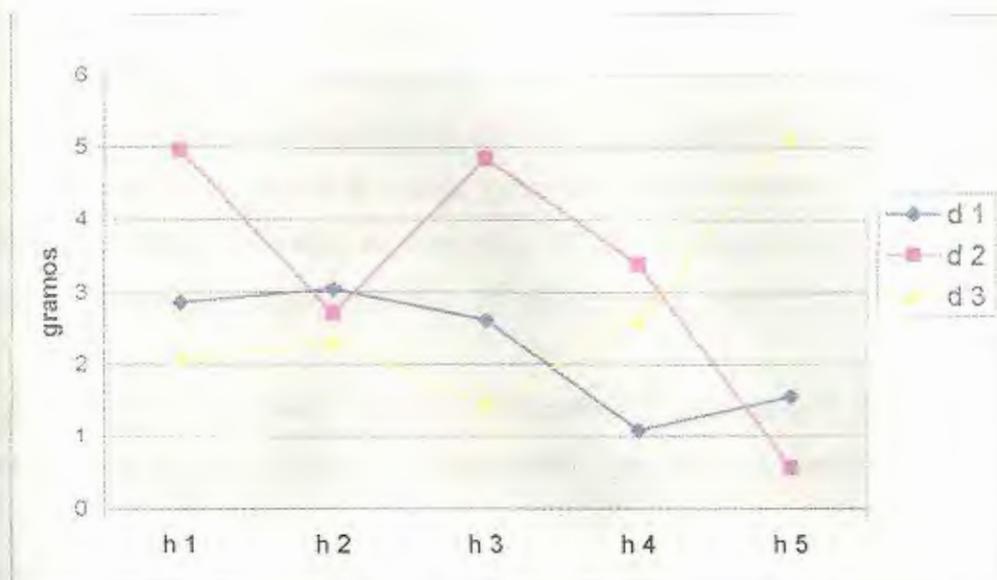


Figura 2. Interacción del peso de raíces podridas entre 5 hongos y tres dosis.

#### 4.1.3.4. Peso totales de raíces

El mejor efecto del peso total de raíces se lo obtuvo con el hongo *P. lilacinus* 251 que fue de 52.83 g, y le sigue *T. viride* con 50.73 g. Los efectos directos de las dosificaciones tampoco mostraron diferencias estadísticas, aunque el mayor peso total de raíces (sanas + dañadas) que fue de 48.59 g, se lo obtuvo con la dosis  $40 \times 10^6$  (Cuadros 11 y A7). Las interacciones que lograron el mejor peso fueron *P. lilacinus* 251 y *T. viride* con la menor dosis.

Cuadro 11. Medias de tratamientos y significación estadística del pesos total de raíces de banano, entre 90 y 180 días del trasplante con aplicación en vivero.

Hongos	Peso total de raíces (g)			Media
	Dosis			
	$40 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$60 \times 10^6$	
<i>Trichoderma harzianum</i>	47.09 ns	41.63 ns	46.80 ns	45.17 ns
<i>Trichoderma viride</i>	56.26	41.23	54.69	50.73
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	59.18	61.73	37.58	52.83
Bionema	36.41	42.06	35.85	38.11
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	44.01	41.06	43.06	42.71
Media dosis	48.59 ns	45.54	43.60	45.91
Testigo químico				51.08 ns
Testigo absoluto				39.25
C.V. (%) = 10.08				

ns, no significativo

#### 4.1.3.5. Porcentaje de raíces sanas

La fuente de variación del porcentaje de raíces sanas resultó significativa para los tratamientos. El mejor fue el testigo químico con una media de 97.50 g. Le siguió el producto Bionema en dosis  $40 \times 10^6$ . El menor promedio se lo obtuvo con *P. lilacinus* 251 en dosis de  $50 \times 10^6$  (Cuadros 12 y A8).

Las mejores interacciones fueron *T. harzianum*, Bionema, y *P. lilacinus* cepa ecuatoriana (h1, h4, h5) x la dosis menor. En la dosis media x el hongo *P. lilacinus* cepa ecuatoriana (94.75 %), y la dosis mayor x *T. viride* con 90.25 % (Figura 3).

Cuadro 12. Medias de tratamientos y significación estadística de pesos de raíces podridas en plantas de banano, entre 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero.

Hongos	Porcentaje de raíces sanas			Media
	Dosis			
	$40 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$60 \times 10^6$	
<i>Trichoderma harzianum</i>	92.50 a	85.00 abc	89.50 abc	89.00 ns
<i>Trichoderma viride</i>	89.75 ab	89.75 ab	90.25 a	89.92
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	84.75 abc	75.25 c	85.75 abc	81.92
Bionema	83.75 a	85.75 abc	87.00 abc	88.83
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	91.50 a	94.75 a	75.75 bc	87.33
Media de dosis	90.45 ns	86.10	85.65	87.40
Testigo químico				97.50 a
Testigo absoluto				86.00 b
C.V. (%) = 3.70				

Letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ), ns = no significativo; \*\* = significativo al 1%.

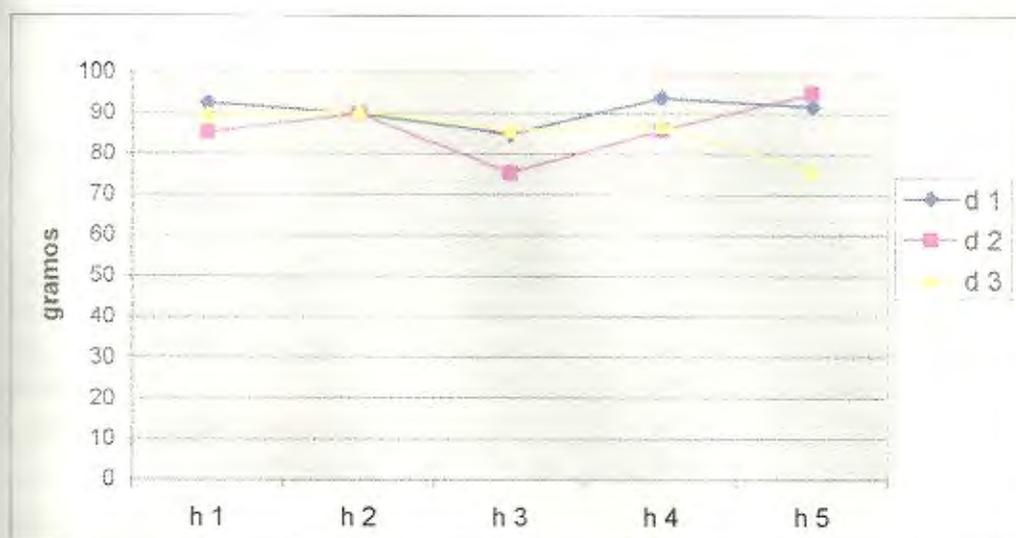


Figura 3. Interacción del porcentaje de raíces sanas entre 5 hongos y tres dosis.

#### 4.1.3.6. Densidad poblacional de *R. similis*

La densidad poblacional de *R. similis* no fue significativa entre tratamientos. Las plantas con menor población de nemátodos fueron las tratadas con los hongos *T. harzianum* y *P. lilacinus* cepa ecuatoriana que registraron medias de 4025 y 6112 *R. similis* /100 g raíces respectivamente (Cuadros 13 y A9).

En las interacciones hongos x dosis, la mejor fue  $40 \times 10^6$  esporas con los hongos *T. harzianum*, *T. viride*, Bionema y *P. lilacinus* cepa ecuatoriana.

Cuadro 13. Medias de tratamientos y significación estadística de *R. similis* en raíces de banano, con aplicación en vivero.

Hongos	<i>R. similis</i> /100 g de raíces totales			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	825 ns	4939 ns	6312 ns	4025 ns
<i>Trichoderma viride</i>	5072	10375	12438	9295
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	16250	9375	9688	11771
Bionema	1313	6750	14813	7625
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	459	8313	9563	6112
Media dosis	4784 ns	7950	10563	7766
Testigo químico				875 ns
Testigo absoluto				4768
C.V. (%) = 39.35				

Para el análisis estadístico los datos originales se transformaron  $\sqrt{x}$ . ns= no significativo

#### 4.2. Eficacia de hongos antagonista en el control de *R. similis* en banano con aplicación en vivero y al trasplante en el sitio definitivo (ensayo 2).

##### 4.2.1. Altura de plantas

En este ensayo, en altura de plantas evaluadas a los 90 días después de trasplante no hubo significación estadística entre tratamientos. Lo mismo resultó para hongos, dosis, hongos vs dosis y testigo químico vs testigo absoluto (Cuadros 14 y A10). Según la prueba de Tukey los 17 tratamientos fueron similares, aunque con el hongo *P. lilacinus* (Ecuador) se logró la mayor altura que fue de 121.50 cm, seguido de *T. viride* con 112 cm. Con respecto a las dosis la mayor altura se obtuvo con la segunda, registrando 115 cm. El testigo químico tuvo una altura de 114 cm y el testigo absoluto 89 cm. El factorial que comprendió los 15 tratamientos (5 hongos x 3 dosis) tuvo la mejor interacción con bionema x dosis 40 x 10<sup>6</sup> esporas seguida por el hongo *P. lilacinus* Ecuador x 50 x 10<sup>6</sup> esporas.

Cuadro 14. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero y en el campo.

Hongos	Altura (cm) a 90 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	113.00 ns	108.00 ns	111.00 ns	111.00 ns
<i>Trichoderma viride</i>	115.00	124.00	98.00	112.00
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	98.00	92.00	103.00	98.00
Bionema	115.00	117.00	101.00	111.00
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	116.00	133.00	116.00	121.00
Media dosis	111.00 ns	115.00	106.00	110.70
Testigo químico				114.00 ns
Testigo absoluto				89.00
C.V.(%) = 3.81				

ns, no significativo

A los 180 días, el análisis de varianza para tratamientos tampoco fue significativo. Dentro de los efectos principales de los hongos antagonistas, el mejor le correspondió a *T. harzianum* con 172.92 cm, seguido de Bionema con 171.08 cm. Dentro de las dosis el mejor efecto fue la dosis 40 x 10<sup>6</sup> con 173.55 cm, seguido de la dosis 50 x 10<sup>6</sup> con 170.15 cm de altura (Cuadro 15). La mejor interacción perteneció al producto Bionema x dosis 40 x 10<sup>6</sup> esporas. Le siguió la dosis 50 x 10<sup>6</sup> esporas x los hongos *T. viride*, Bionema y *P. lilacinus* Ecuador.

Cuadro 15. Medias de tratamientos y significación estadística de altura de plantas de banano, a los 180 días después de trasplante con aplicación en vivero y en el campo.

Hongos	Altura (cm) a 180 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	174.75 ns	164.50 ns	173.50 ns	172.92 ns
<i>Trichoderma viride</i>	172.00	176.50	164.00	170.83
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	171.75	154.00	163.00	162.92
Bionema	180.25	177.00	156.00	171.08
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	169.00	178.75	161.75	169.83
Media dosis	173.55 ns	170.15	163.85	169.52
Testigo químico				181.00 ns
Testigo absoluto				160.75
C.V.(%) = 4.30				

ns, no significativo

### Incremento de altura de plantas entre 90 y 180 días del trasplante.

En el incremento de altura registrado entre las dos evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días del trasplante, los tratamientos fueron no significativo.

Según las medias de tratamientos, el mejor incremento de altura se lo obtuvo con *P. lilacinus* 251 que registró 65.41 cm de diferencia entre ambas evaluaciones, seguido de *T. viride* con 60.33 cm y Bionema con 60.24 cm. Con respecto a las dosis, la mayor diferencia que fue de 62.29 cm se la registró con  $40 \times 10^6$  y a continuación la media 58.10 cm registrada con la dosis  $50 \times 10^6$  (Cuadros 16 y A11). El incremento del testigo químico fue de 89.25 cm y el del testigo absoluto de 72 cm. Además, las mejores interacciones en incremento de altura se lograron con la dosis  $40 \times 10^6$  esporas x los hongos *P. lilacinus* 251 y *P. lilacinus* Ecuador; también resaltó la dosis  $60 \times 10^6$  esporas.

Cuadro 16. Medias de tratamientos y significación estadística del incremento de altura de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero y en el campo.

Hongos	Incremento altura (cm) entre 90 - 180 ddt			Media
	Dosis			
	$40 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$60 \times 10^6$	
<i>Trichoderma harzianum</i>	62.00 ns	56.25 ns	62.75	60.33 ns
<i>Trichoderma viride</i>	57.23	52.48	66.50	58.74
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	73.75	62.25	60.23	65.41
Bionema	64.98	60.50	55.25	60.24
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	53.50	45.75	45.75	48.33
Media dosis	62.29 ns	55.45	58.10	58.61
Testigo químico				67.25 ns
Testigo absoluto				72.00
C.V.(%) = 3.55				

ns, no significativo

#### 4.2.2. Circunferencia delseudotallo entre 90 y 180 días del trasplante

Al igual que en altura de plantas, la circunferencia delseudotallo a los 90 días después del trasplante no fue significativa entre los tratamientos, en hongos, dosis, hongos x dosis y testigo químico vs testigo absoluto (Cuadro A12).

En ésta evaluación (90 días), en la acción de los hongos el mejor fue *P. lilacinus* Ecuador con 27.50 cm, le siguió *T. harzianum* con 25.33 cm de perímetro y Bionema con 23.75 cm de circunferencia (Cuadro 17). La mejor dosis fue  $50 \times 10^6$  esporas con 25.95 cm, seguido de la dosis  $60 \times 10^6$  esporas con 23.75 cm.

Las mejores interacciones en la circunferencia que se presentan correspondieron a la dosis  $50 \times 10^6$  esporas x *T. viride* y *P. lilacinus* Ecuador.

Cuadro 17. Medias de tratamientos y significación estadística de circunferencia delseudotallo de banano a los 90 días después de trasplante con aplicación en vivero y en el campo.

Hongos	Circunferencia delseudotallo (cm) a 90 ddt			Media
	Dosis			
	$40 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$60 \times 10^6$	
<i>Trichoderma harzianum</i>	25.75 ns	25.00 ns	25.25 ns	25.33 ns
<i>Trichoderma viride</i>	13.25	28.50	21.75	21.17
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	23.75	20.75	22.25	22.25
Bionema	26.75	26.00	22.50	25.08
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	26.00	29.50	27.00	27.50
Media dosis	23.10 ns	25.95	23.75	24.27
Testigo químico				26.50 ns
Testigo absoluto				21.50

ns, no significativo

A los 180 días (Cuadro 18), ninguna de las medias fue diferente entre si. Según la prueba de Tukey y en concordancia con la F calculada del análisis de varianza, el mejor de los efectos principales del factor hongo fue *P. lilacinus* Ecuador con 34.92 cm, seguido de Bionema con 36.83 cm. El menor efecto correspondió a *P. lilacinus* 251 con 34.92 cm. Con respecto a dosis, con

40 x 10<sup>6</sup> esporas se obtuvo el mayor valor de circunferencia con (37.90 cm). Las mejores interacciones resultaron ser la 40 x 10<sup>6</sup> esporas de los hongos *T. harzianum*, *T. viride*, Bionema y *P. lilacinus* Ecuador.

Cuadro 18. Medias de tratamientos y significación estadística de circunferencia del seudotallo de banano a los 180 días después de trasplante con aplicación en vivero y en el campo.

Hongos	Circunferencia del seudotallo (cm) a 180 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	39.00 ns	35.50 ns	34.25 ns	36.25 ns
<i>Trichoderma viride</i>	38.75	35.75	34.50	36.33
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	35.00	31.25	38.50	34.92
Bionema	38.00	37.25	35.25	36.83
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	38.75	38.75	40.25	39.25
Media dosis	37.90 ns	35.70	36.55	36.72
Testigo químico				39.50 ns
Testigo absoluto				33.75

C V.(%) = 5.04

ns, no significativo

#### Incremento de circunferencia de seudotallo entre 90 y 180 días del trasplante

El incremento de la circunferencia de plantas, se refiere a la diferencia en esta variable entre la evaluación a los 90 y 180 días. En estos términos, el mejor incremento se lo obtuvo con *P. lilacinus* 251 con 12.67 cm, seguido de Bionema y de *P. lilacinus* Ecuador ambos con 11.75 cm. La mejor dosis fue 60 x 10<sup>6</sup> con un incremento de 13.26 cm seguido de la dosis 40 x 10<sup>6</sup> con (Cuadros 19 y A13).

Las mejores interacciones para el incremento de la circunferencia correspondieron a la dosis 50 x 10<sup>6</sup> x *P. lilacinus* 251 y ésta misma dosis x Bionema y *P. lilacinus* Ecuador. También están en esta categoría las interacciones 40 x 10<sup>6</sup> esporas x *T. harzianum* y *T. viride*.

Cuadro 19. Medias de tratamientos y significación estadística de incremento de circunferencia delseudotallo de plantas de banano, entre evaluaciones a los 90 y 180 días del trasplante, con aplicación en vivero y en el campo.

Hongos	Incremento circunferencia (cm) entre 90 - 180 ddt			Media
	Dosis			
	40 x 10 <sup>6</sup>	50 x 10 <sup>6</sup>	60 x 10 <sup>6</sup>	
<i>Trichoderma harzianum</i>	13.25 ns	10.50 ns	9.00 ns	10.92 ns
<i>Trichoderma viride</i>	13.50	7.25	12.75	11.17
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 251	11.25	10.50	16.25	12.67
Bionema	11.25	11.25	12.75	11.75
<i>P. lilacinus</i> (cepa ecuatoriana)	12.75	9.25	13.25	11.75
Media dosis	12.75 ns	9.25	13.26	11.65
Testigo químico				13.00 ns
Testigo absoluto				12.25
C.V. (%) = 3.74				

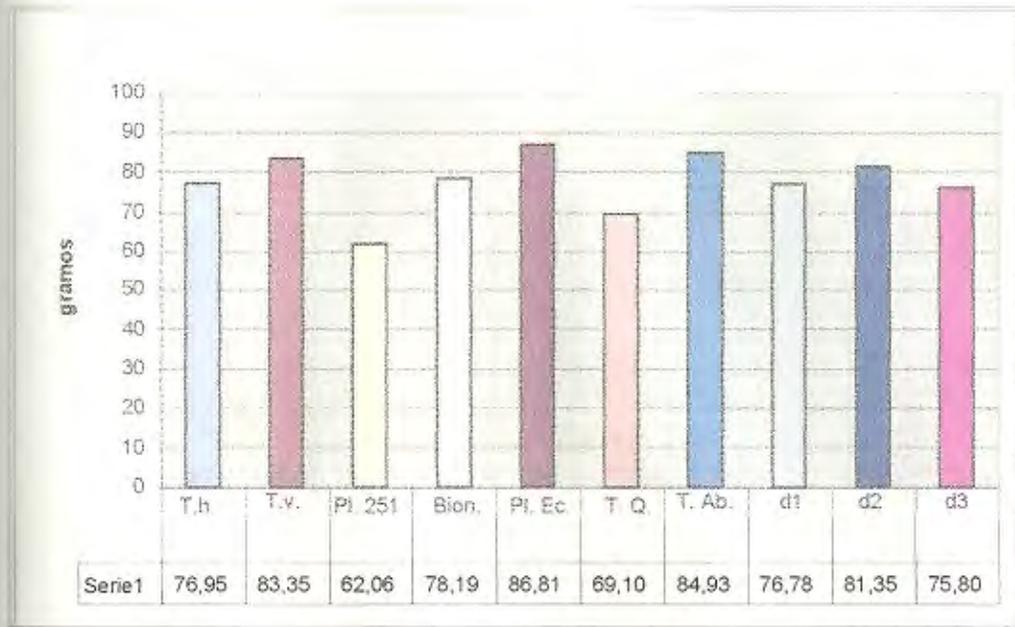
ns, no significativo

#### 4.2.3. Peso de raíces

##### 4.2.3.1. Peso de raíces sanas

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos a los 90 días de trasplante. Se grafican las columnas correspondientes a los cinco tratamientos con hongos antagonistas, dos tratamientos controles y tres dosis de los cinco hongos. Se presenta también un cuadro combinado con los valores en gramos de cada uno de los componentes tratamientos.

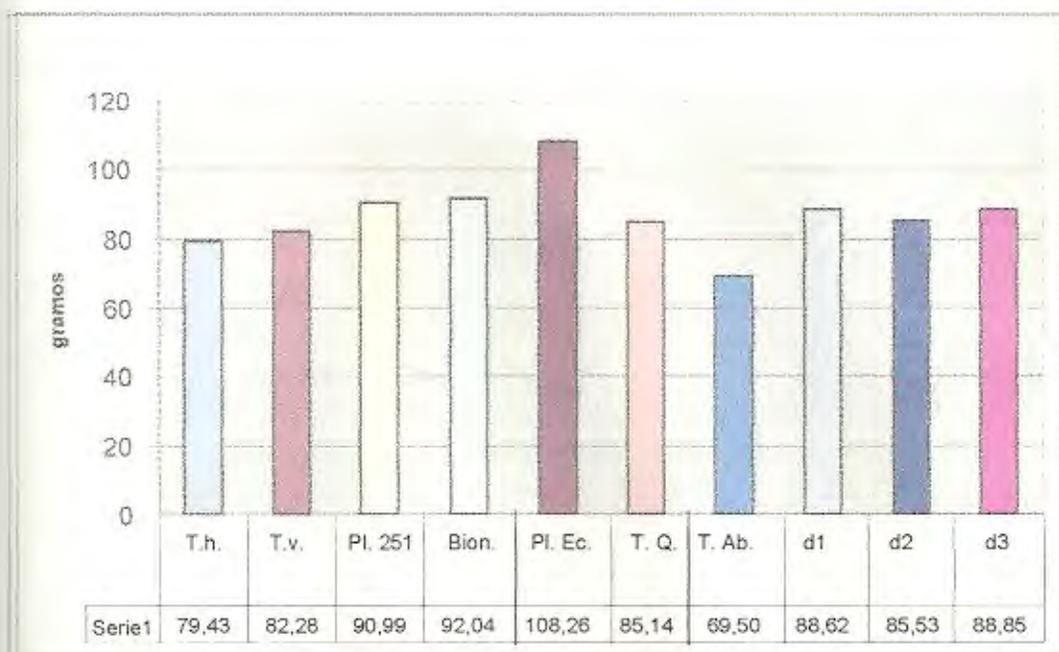
A los 90 días de trasplante, los tratamientos fueron iguales entre sí. Los valores más altos en peso de raíces sanas lo registró *P. lilacinus* cepa ecuatoriana y *T. viride*. Con respecto a las dosis los peso fueron muy cercanos entre ellos.



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 4. Peso de raíces sanas en el efecto simple de siete tratamientos (cinco hongos, dos controles) y tres dosis de cada hongo, a los 90 días de transplante.

A los 180 días (Figura 5), el mejor peso de raíces sanas correspondió al hongo *P. lilacinus* cepa ecuatoriana con 108.26 g, seguido del Bionema (*Paecilomyces* comercial) con 92 g. El testigo químico tuvo un peso de 85.14 g y el testigo absoluto 69.50 g. Las tres dosis tuvieron pesos similares desde 85 a 89 g.

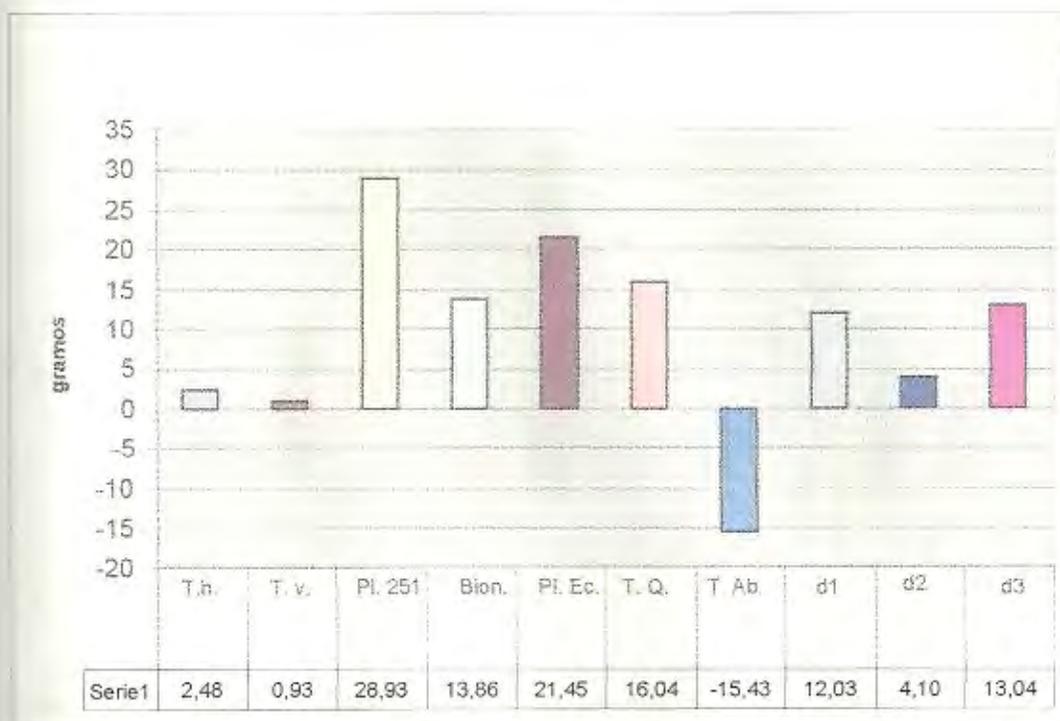


T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 5. Peso de raíces sanas en el efecto simple de siete tratamientos (cinco hongos, dos controles) y tres dosis de cada hongo, a los 180 días de transplante.

La comparación entre los hongos antagonistas con los tratamientos testigos tuvo una significación de 0.08 de probabilidad.

En la Figura combinada 6, se presentan los incrementos de pesos de raíces sanas entre la primera y segunda evaluación. El mejor incremento se lo obtuvo con el hongo antagonista *P. lilacinus* 251 con 28.93 g, seguido del *P. lilacinus* Ecuador con 21.43 g. La mejor dosis fue  $60 \times 10^6$  con un incremento de 13.04 g de raíces sanas.



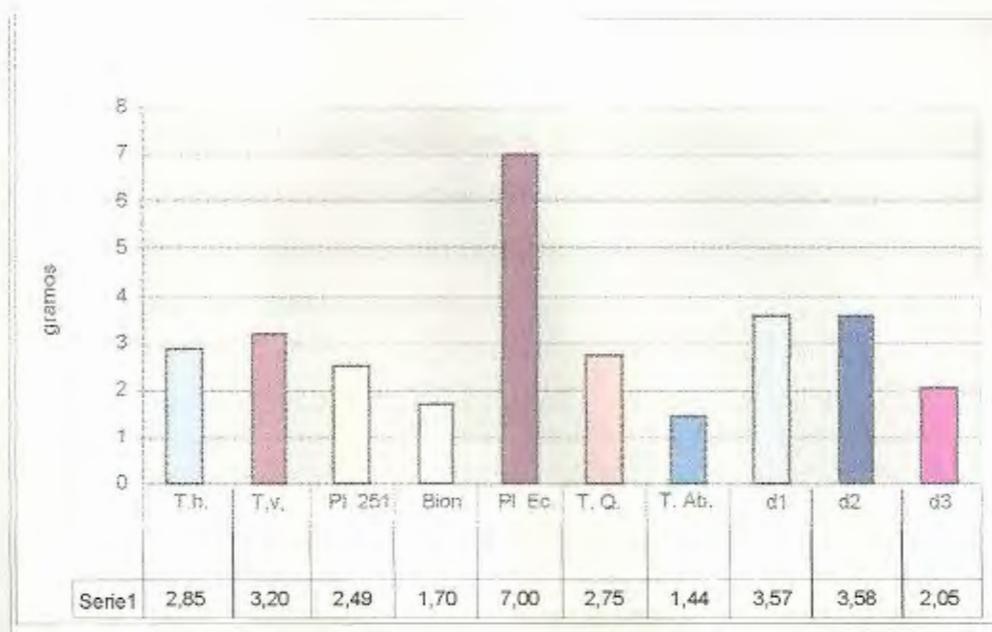
T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl. Ec.= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 6. Incremento del peso de raíces sanas del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, entre 90 y 180 días del transplante.

#### 4.2.3.2. Peso de raíces infestadas con nemátodos

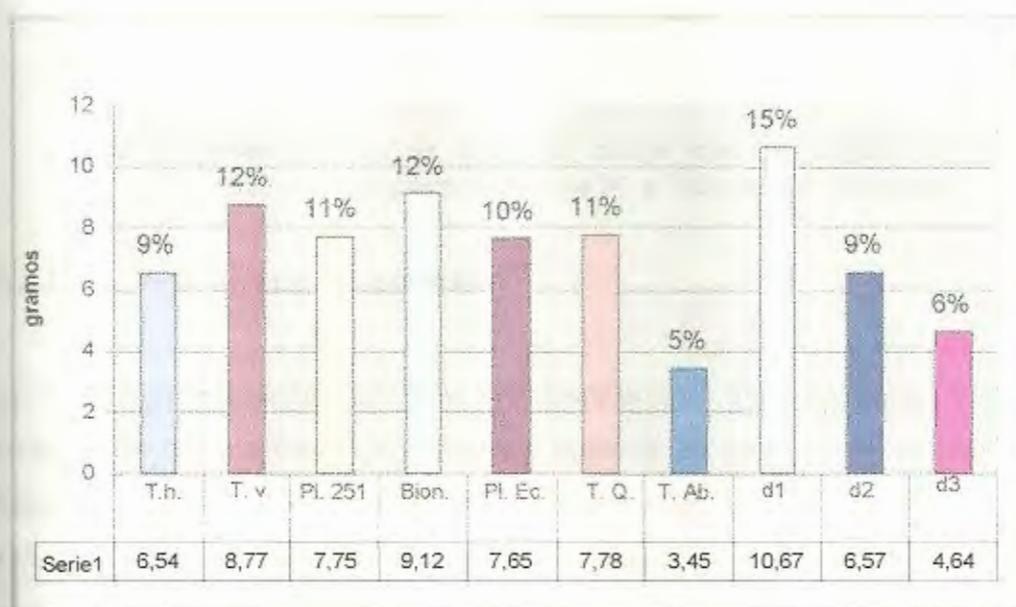
En esta variable a los 90 días, el hongo *P. lilacinus* cepa ecuatoriana registró el peso mayor que fue de 7 g y el menor para Bionema con 1.70 g, le sigue el *P. lilacinus* 251 con 2.49 g, mientras que el testigo absoluto tuvo un peso de 1.44 g. La dosis máxima resultó con el menor peso de raíz con nemátodo que fue de 2.05 g (Figura 7).

A los 180 días, con el hongo *T. harzianum* se logró obtener el menor peso de raíz con nematodos, siendo de 0.54 g, le siguió *P. lilacinus* 251 con 7.75 g, mientras que el Testigo absoluto tuvo menor peso con 3.45 g. La dosis máxima alcanzó 4.64 g, además para el factor dosis hubo significación con una probabilidad de 0.04 según la prueba de F (Figura 8).



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl. Ec.= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

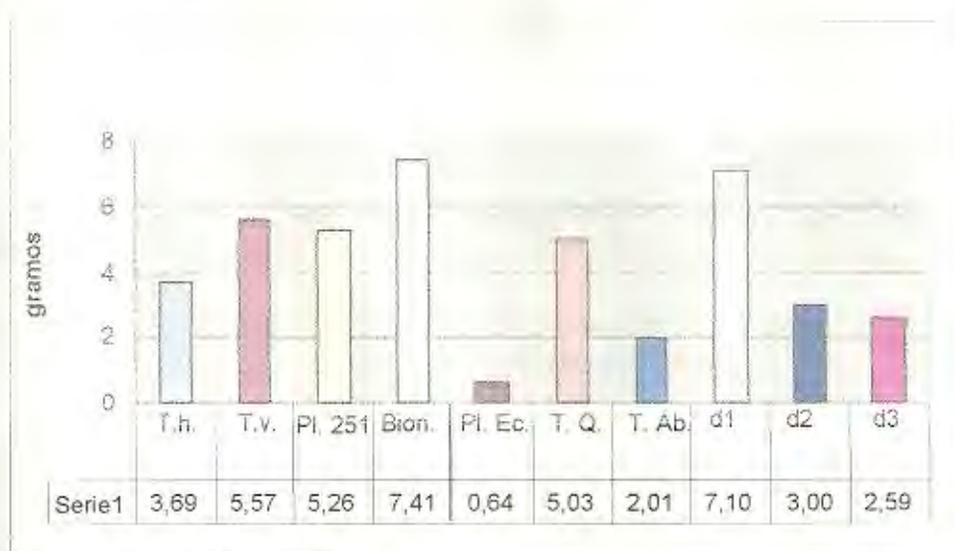
Figura 7. Peso de raíces con nemátodos del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 90 días de transplante.



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl. Ec.= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 8. Peso de raíces con nemátodos del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 180 días de transplante.

La diferencia del peso de raíces infestadas con nemátodos entre las evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 después de transplante, se encontró que con *T. harzianum* hubo 0.64 g que resultó ser la media más baja, el *T. viride* lo siguió con 3.69 g. El control absoluto tuvo un promedio 2.01 g. Con respecto a dosis, el menor peso de raíces infestadas con nemátodos se presentó con la aplicación de  $60 \times 10^6$  esporas por planta (Figura 9).

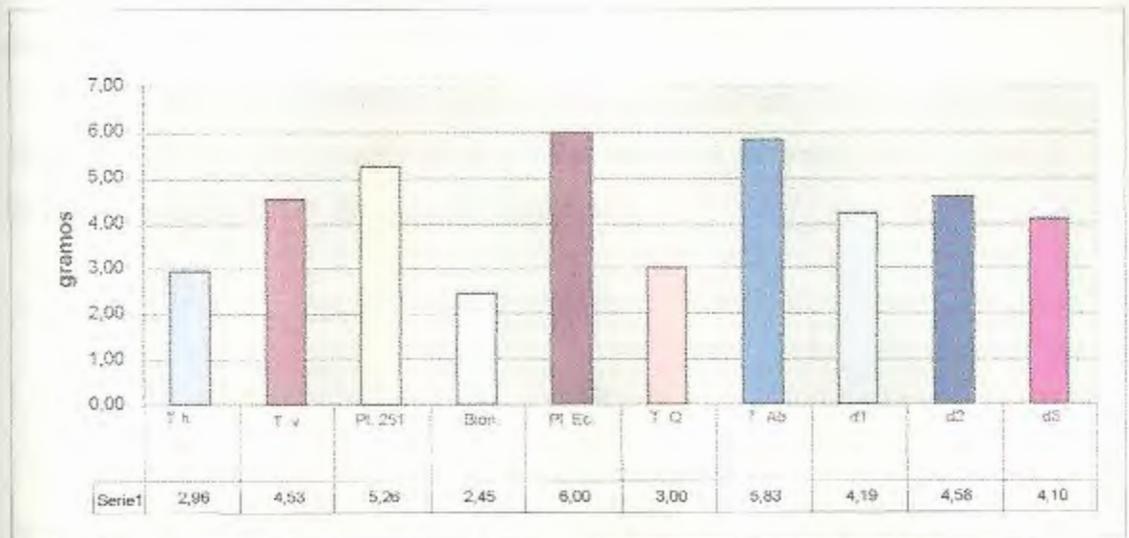


T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 9. Diferencia en el peso de raíces con nemátodos entre las evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días de transplante.

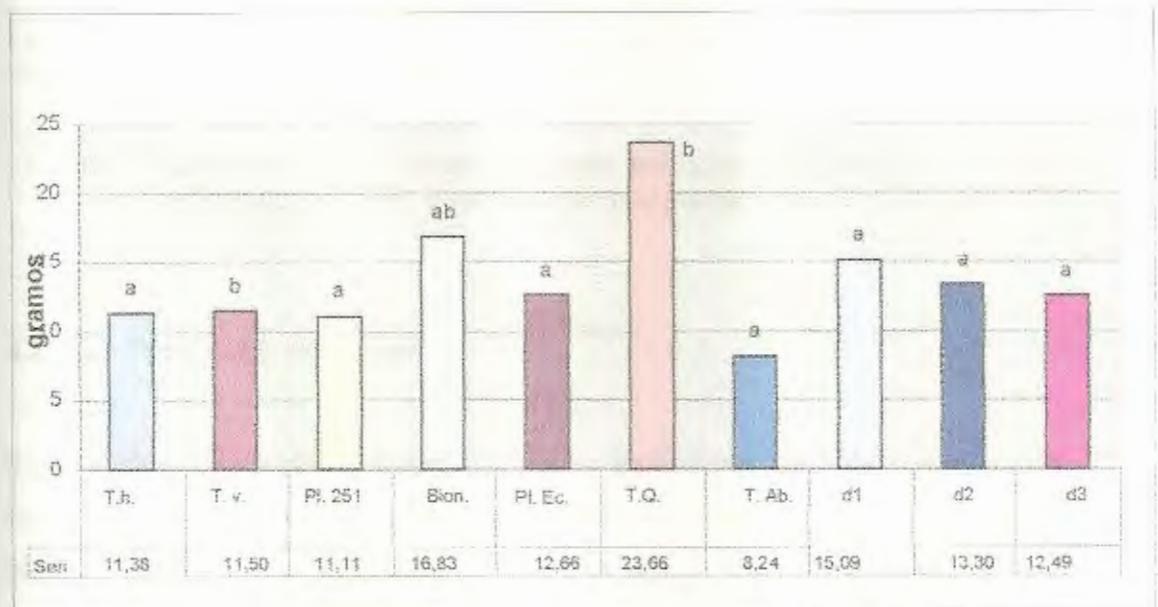
#### 4.2.3.3. Peso de raíces podridas

En la primera evaluación (90 días del transplante), los tratamientos hongos antagonistas que tuvieron los promedios menores de peso de raíces podridas fueron en orden ascendente los siguientes: Bionema con 2.45 g, *T. harzianum* con 2.96 g, y control químico con 3 g de raíces podridas (Figura combinada 10). En evaluación a los 180 días las dosis no resultaron significativas según la prueba de F del análisis de varianza, los tratamientos (hongos antagonistas) fueron significativos. Los tratamientos biológicos, según la misma prueba fueron altamente diferente. El control absoluto presentó 8.24 g y fue igual a *P. lilacinus* 251 con 11.11 g y también al *T. harzianum* con 11.38 g, de acuerdo a la prueba de Tukey. Las tres dosis fueron iguales entre sí (Figura 11).



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

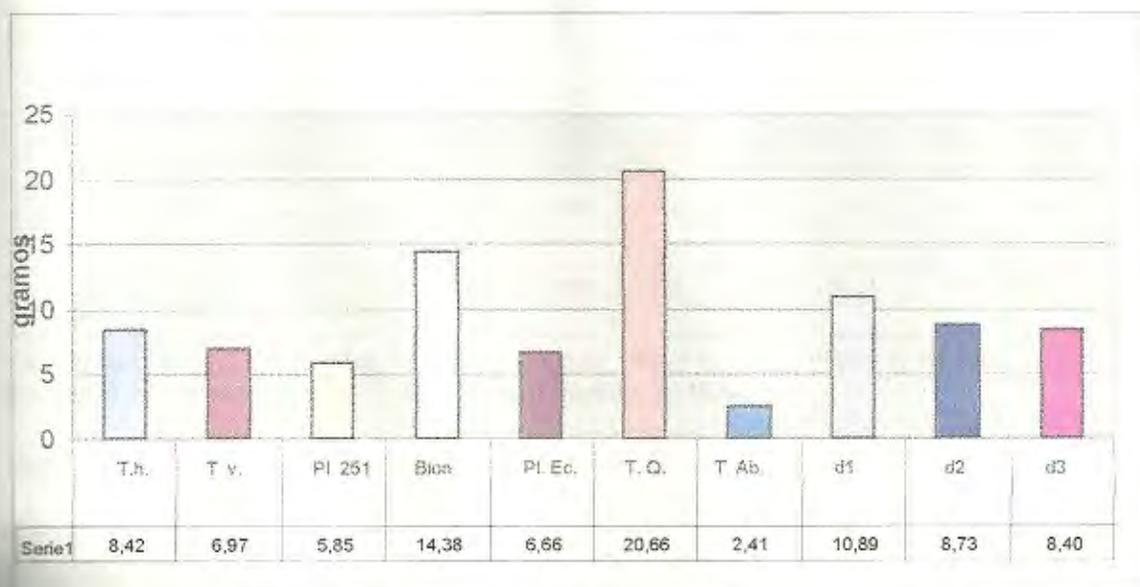
Figura 10. Peso de raíces podridas del efecto simple de 5 hongos, 2 controles y tres dosis de cada hongo a los 90 días de transplante.



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 11. Peso de raíces podridas del efecto simple de 5 hongos, 2 controles y tres dosis de cada hongo a los 180 días de transplante.

La Figura 12 asienta los valores medios de la diferencia entre la segunda y primera evaluación de la variable raíces podridas. El mayor promedio de 20.66 g correspondió al control químico, seguido del Bionema (*Paecilomyces* comercial) con 14.38 g; el menor promedio de 2.41 g de raíces podridas fue del control biológico, seguido del *P. lilacinus* 251 con 5.85 g.

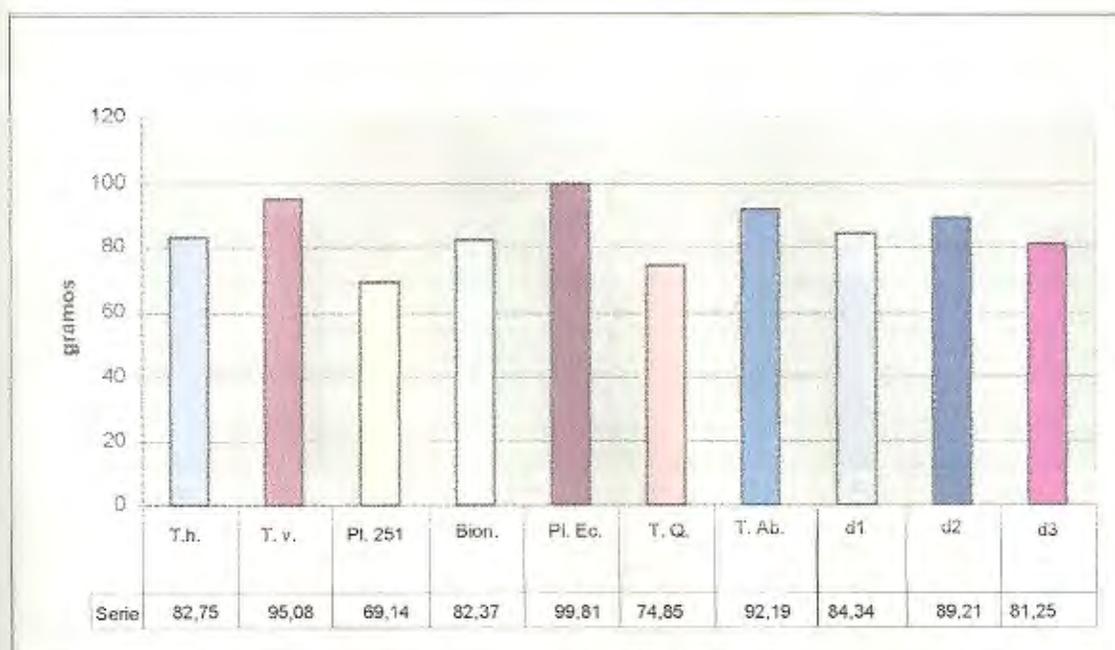


T.h. = *T. harzianum*, T.v. = *T. viride*, Pl 251 = *P. lilacinus*, Bion. = Bionema, Pl Ec = *P. lilacinus* Ecuador, T.Q. = Testigo químico, T. Ab. = Testigo absoluto, d = Dosis

Figura 12. Diferencia en el peso de raíces podridas, entre las evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días de transplante.

#### 4.2.3.4. Peso total de raíces

En la evaluación efectuada a los 90 días de transplante, no hubo significación estadística para esta variable, el mejor promedio lo presentó *P. lilacinus* Ecu con 95.81 g, seguido de *T. viride* con 95.08 g. El testigo absoluto presentó 92.19 g (Figura 13). El menor promedio de 68.14 g correspondió a *P. lilacinus* 251. Las significaciones también fueron similares entre sí.



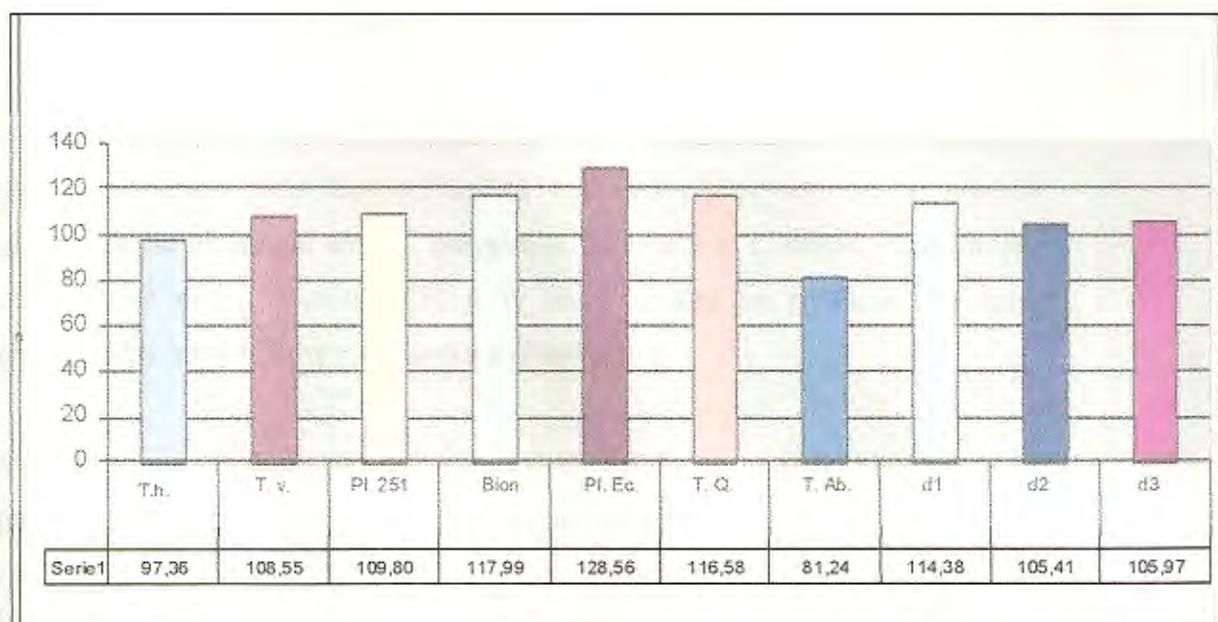
T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 13. Peso total de raíces del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo a los 90 días de transplante.

En la Figura 14 se asientan las medias de la evaluación efectuada a los 180 días, el tratamiento *P. lilacinus*. (Ecuador) obtuvo el promedio mayor con 128.56 g, seguido del tratamiento Bionema con 117.59 g y luego el testigo químico con 116.58 g.

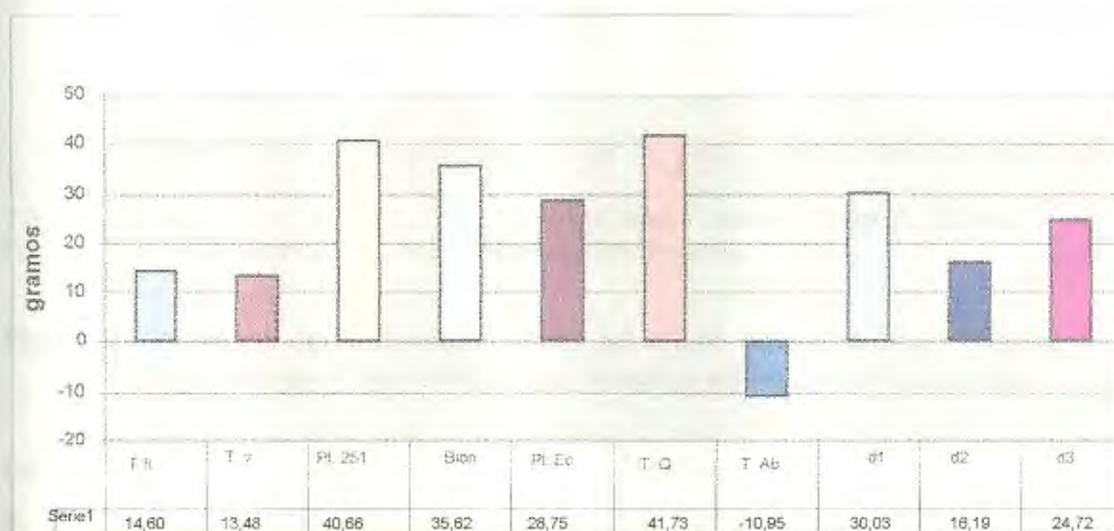
El promedio mayor en incremento del total de raíces entre las evaluaciones efectuadas a los 90 y 180 días fue de 41.19 g que correspondió al testigo químico, seguido del tratamiento *P. lilacinus* 251 con 40.88 g, y Bionema con 35.82 g. Es importante resaltar que el testigo absoluto tuvo un efecto negativo con -10.25 g (Figura 15).

Con la dosificación  $40 \times 10^6$  se obtuvo 30.09 g y con  $60 \times 10^6$  se registro 24.72 g.



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl. Ec.= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 14. Peso total de raíces del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo a los 180 días de transplante.



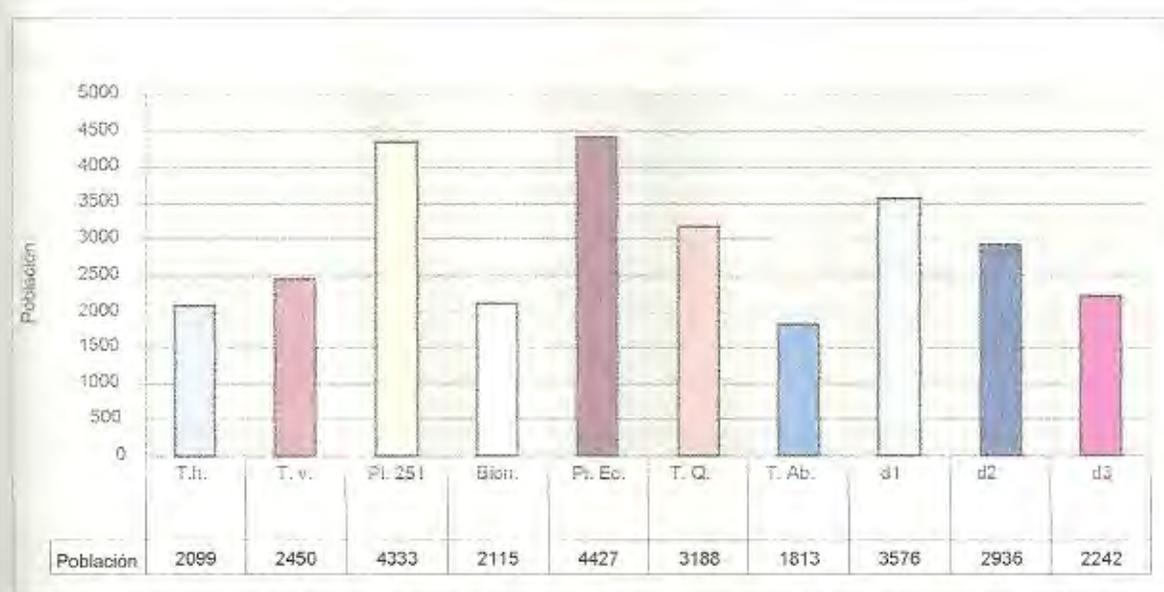
T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl. Ec.= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 15. Incremento del peso total de raíces del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, entre 90 y 180 días de transplante.

#### 4.2.3.5. Densidad poblacional de *Radopholus similis* en 100 g de raíces

En la primera evaluación realizada a los 90 días de transplante no se observó significación estadística. Los promedios mas bajos con respecto al uso de antagonistas se lo obtuvo con *T. harzianum*, Bionema y *T. viride*, en su orden, mientras que con *P. lilacinus* 251 y *P. lilacinus* Ecu las poblaciones fueron mayores a los tratamientos mencionados (Figura 16).

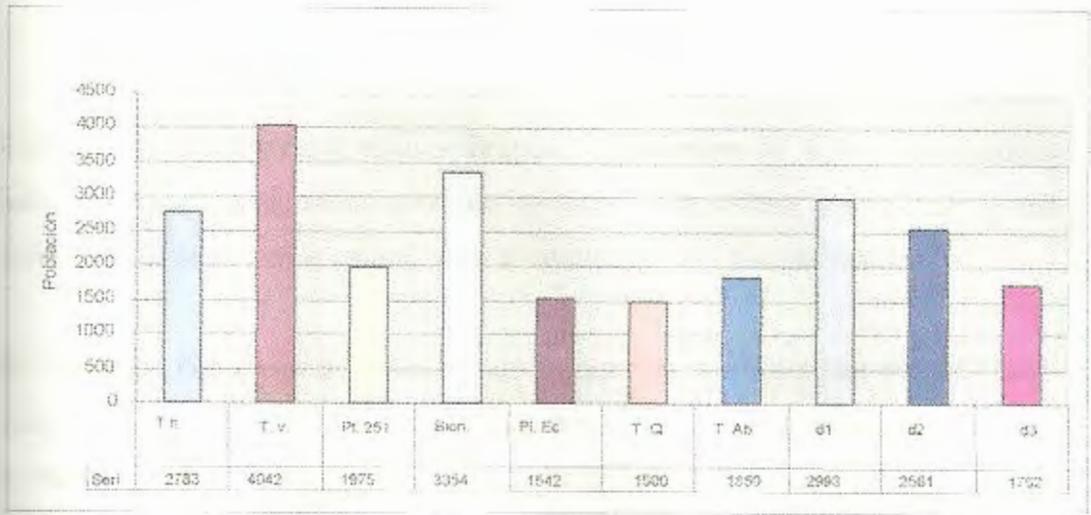
Con respecto a las dosis, las poblaciones del nemátodo se redujeron conforme aumentó la concentración de esporas aplicadas por planta.



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 16. Población de *Radopholus similis* del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 90 días de transplante.

En la segunda evaluación, hubo mucha variabilidad entre los tratamientos *P. lilacinus* Ecu y el testigo químico reportaron los promedios mas bajos y Bionema las poblaciones mas altas; sin embargo se aprecia que hubo un detenimiento del incremento de las poblaciones en la segunda evaluación con respecto a la primera (Figura 17). Al igual que en caso anterior en ésta evaluación la reducción de las poblaciones del nemátodo está en relación al incremento de la dosis.



T.h.= *T. harzianum*, T.v.= *T. viride*, Pl. 251= *P. lilacinus*, Bion.= Bionema, Pl Ec= *P. lilacinus* Ecuador, T.Q.= Testigo químico, T. Ab.= Testigo absoluto, d= Dosis

Figura 17. Población de *Radopholus similis* del efecto simple de cinco hongos, dos controles y tres dosis de cada hongo, a los 180 días de transplante.

## 5. DISCUSIÓN

Este trabajo experimental estuvo dirigido a determinar la eficacia de hongos antagonistas aplicados en el sustrato de siembra de vivero, y en vivero y una aplicación adicional en el campo, para el control de *Radopholus similis*.

Se instalaron dos clases de trabajos, uno en que tres dosificaciones de esporas de cinco hongos antagonistas, dos controles, uno químico y otro absoluto (sólo con nemátodos), se aplicaron en fundas de polietileno donde crecieron las plantas de banano hasta el transplante al sitio definitivo, y en el otro experimento, estos tratamientos fueron aplicados en el sitio definitivo de la siembra.

En el primer experimento, la altura y la circunferencia del pseudotallo no fueron influenciados por ninguno de los tratamientos empleados. En consecuencia no se observó diferencias en las variables altura y circunferencia del pseudotallo del banano, con respecto a los hongos antagonistas en las dosis aplicadas. Aunque los incrementos de altura y circunferencia no alcanzaron significación estadística, sin embargo en altura permite establecer que la interacción dosificación mínima ( $40 \times 10^6$ ) en los hongos *Paecilomyces lilacinus* 251, el producto comercial Bionema y *Paecilomyces* sp. cepa ecuatoriana, lograron los mejores incrementos. Igual observación puede hacerse para el perímetro del pseudotallo, en que la dosis menor  $40 \times 10^6$  por los hongos *T. viride*, y *T. harzianum* establecieron incrementos superiores, al igual que con la dosis  $50 \times 10^6$  por el hongo *P. lilacinus* 251, Bionema y *P. lilacinus* (Ecuador).

El mejor efecto de los hongos antagonistas estriba en reducir las poblaciones de nemátodos y de esta manera limitar las heridas que ocasionan en las raíces reduciéndolas en su funcionamiento. En consecuencia lo citado por autores como Bioplanet (2003), Orietta y Larrea (2001) se ajusta a lo observado, en relación a la competencia por espacio y nutrientes, sin embargo su acción en este estudio no es tan determinante (no significativo) ya que los daños en el sistema radical, ocasionan menor capacidad nutricional de las plantas (Sarah, 2000), lo que no permitió establecer claras diferencias estadísticas en los resultados.

El peso de raíz con nemátodos alcanzó diferencias significativas, no así el peso de raíz total. Todos los tratamientos redujeron del 25% al 31% el peso de raíz con nemátodos, en relación al hongo *P. lilacinus* 251. El *P. lilacinus* por  $60 \times 10^6$  redujo también el peso de raíz con nemátodos significativamente. Todos los tratamientos, con excepción del *Paecilomyces* sp. (Ecuador) por  $60 \times 10^6$ , lograron pesos inferiores al testigo absoluto, el nivel fue de alta significación. Los mejores fueron el testigo químico, Bionema por  $40 \times 10^6$  de dosis, el mismo *Paecilomyces* sp. (Ecuador) por  $50 \times 10^6$  de dosis.

Con respecto al peso total de raíces (sanas + dañadas) obtenido en el hoyo de muestreo, los mejores promedios correspondieron a la dosis  $40 \times 10^6$  de los hongos *T. harzianum*, producto Bionema, y *P. lilacinus* (Ecuador). En la dosis media los mayores pesos se obtuvieron con *P. lilacinus* Ecuador, mientras que con la dosis más alta el mayor peso se registró con *T. viride*.

Los hongos en que su media fue por debajo de la del primer registro de las poblaciones de *R. similis* fueron *P. lilacinus* (Ecuador) y *P. lilacinus* 251. Resultados similares lograron las tres dosificaciones estudiadas, ya que las tres decrementaron las poblaciones del nemátodo.

Es definitivo en esta investigación la acción antagonista de los hongos reduce drásticamente las poblaciones de nemátodos. El mejor efecto de los hongos antagonistas estriba en reducir las poblaciones de nemátodos y de esta manera limitar las heridas que le ocasionan en las raíces y por ende reduciéndolas en su funcionamiento. En consecuencia lo citado por autores como Bioplanet (2003), Fernández y Larrea (2001) se ajusta a lo observado, en relación a la competencia por espacio y nutrientes, sin embargo su acción en este estudio no es tan determinante (no significativo) ya que los daños en el sistema radical, ocasionan menor capacidad nutricional de las plantas (Sarah, 2000), lo que no permitió establecer claras diferencias estadísticas en los resultados de las variables agronómicas.

En el segundo experimento, es decir con aplicación solamente al transplante en el campo, fueron similares a los del ensayo anterior, así en el incremento de raíces

sanas, es decir la diferencia entre la segunda y primera evaluación, los mejores tratamientos fueron *P. lilacinus* 251, *Paecilomyces* sp. (Ecuador), Bionema y el testigo químico; el testigo absoluto tuvo un incremento negativo, es decir que en esta evaluación fue inferior al primero, además las tres dosis incrementaron el peso de raíz.

Para el caso de peso de raíces infestadas con nemátodos, con *T. harzianum* resultó la media más baja y le siguió *T. viride*.

En el incremento del peso total de raíces el promedio mayor correspondió al control químico y le siguió *P. lilacinus* 251 y Bionema. El testigo absoluto tuvo un incremento negativo.

Es importante destacar que con *Paecilomyces* sp. (Ecuador) se logró el mejor control del *R. similis*, ya que lo redujo a cantidades inferiores a la primera evaluación, le siguió *P. lilacinus* 251 y el testigo químico. Además las tres dosificaciones redujeron a *R. similis* comparados con la primera evaluación.

La acción positiva de los hongos *Paecilomyces*, observada en este trabajo, para el control de las poblaciones de *R. similis*, es respaldada por el criterio de Jiménez (2003) quién dice que *P. lilacinus* y *Verticillium clamydosporium*, parasitan huevos de nemátodos limitando la multiplicación de estos en el campo, por lo que parecen ser los más adecuados para el desarrollo como biorreguladores. Investigaciones siguientes demostraron que *Paecilomyces* controla poblaciones de nemátodos en diferentes cultivos como también lo efectúa *M. arenaria* en tomate, *Globodera pallida* en papa, *Cactodera cacti* en plantas ornamentales y más recientemente en el nemátodo barrenador del banano *R. similis*.

Schuter y Sikora (1998) determinaron la presencia de hongos en los tejidos radiculares del banano en diferentes localidades y cultivares. Estos mismos autores, en estudios realizados en Kenia y Uganda, observaron una relación positiva entre la cantidad de colonización de hongos y la densidad de nemátodos en algunos cultivares. Estos también afirman que en pruebas *in vitro* con filtrados de cultivo, observaron la actividad nematiestática y nematicida contra el

nemátodo de las raíces *Radopholus similis* entre el 12 al 16 % con los hongos seleccionados y fueron los responsables de más del 90 % de mortalidad.

El efecto positivo de los hongos antagonistas *T. harzianum*, *T. viride* y *Paecilomyces* en la reducción del número de nemátodos de *R. similis*, peso de raíz podrida y peso de raíz con nemátodos en algunos con incrementos negativos, no influyeron estadísticamente y significativamente en las variables agronómicas del banano, lo que podría deberse principalmente al manejo de los antagonistas en el sitio de transplante.

Sería menester el realizar otras investigaciones para reafirmar lo observado y mejorar los resultados, se revertiría ante nuevas técnicas para manejar ecológicamente el control de los nemátodos que afectan a las plantas que el humano requiere. Ese es el reto.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Con una aplicación de hongos antagonistas en el vivero, y con una aplicación en el vivero y campo, no hay eficiente control de poblaciones de *R. similis* en banano.
- Entre los hongos antagonistas probados *P. lilacinus* cepa 251 (Filipinas), *P. lilacinus* Ec (cepa ecuatoriana), *Bionema*, *T. harzianum* y *T. viride*, mejor respuesta al control lo presentan *P. lilacinus* cepa ecuatoriana y *T. harzianum*.
- Las tres dosis de esporas de los antagonistas empleadas  $40 \times 10^6$ ,  $50 \times 10^6$  y  $60 \times 10^6$  no influyeron dramáticamente al control de *R. similis* en banano.
- Con la aplicación de los hongos antagonistas *T. harzianum*, *T. viride* y *P. lilacinus* se redujo entre 25 a 31 % el peso de raíces infectadas por *R. similis* sobresaliendo *P. lilacinus* 251 en dosis de  $60 \times 10^6$ .
- La altura y el perímetro del pseudotallo de las plantas de banano infestadas con *R. similis* no fueron influenciadas por la aplicación de los hongos antagonistas *T. harzianum*, *T. viride* y *P. lilacinus*.
- La interacción de tratamientos sobre la variable peso de raíces sanas demostró ser mejor cuando se hicieron las aplicaciones en vivero y campo, frente a una sola aplicación que se hizo a nivel de vivero.

### Recomendaciones:

- Realizar otras investigaciones similares incluyendo un mayor número de aplicaciones de antagonistas en el campo.
- Efectuar estudios de protección con los antagonistas utilizando diferentes niveles de mondadado de la cepa.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ARAYA, M. 2000.** La biodegradación de nemátodos en banano (Musa AAA). Corbana 26 (53): 63-74.
- ARAYA, M. 2003.** Situación actual del manejo de nemátodos en banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el trópico americano. En Actas del Taller “Manejo Convencional y alternativo de Sigatoka negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los Trópicos” Galileo R. y Rosales F, (edsr) INIBAP, pp. 79-87.
- ARAYA, M. y DE WAELE, D. 2004.** Spotal distribution of nematodes in three banano (Musa AAA) root parts considering two root thickness. In three farm management System. Acta “Ecologica”
- AVILÉS, M. 2003.** Los enemigos naturales de la peor plaga del banano. El Agro. 02 (81): 11-13.
- BIOPLANET, 2003.** Estrategias de control biológico. Agentes de control biológico. (En línea). Consultado el 26 de Mayo del 2003. Disponible en <http://www.bioplante.it/español/bcas/>.
- BUTT, T. H., GOETTEL, M.S. 2000.** Bioassay, of entomogenous fungi. In: Navon, A. and Ascher, K.R.S. (eds) Bioassays of Entomopathogenic Microbes and nematodes. CABI International, Wallingford, UK. Pp. 141-195.
- CASTELLANO, L. 2001.** Uso de un nuevo nematicida biológico para la protección de las raíces del plátano vianda (Musa AAB) micro propagado. Boletín bibliográfico Vol. 14, (2), pp. 35.

- CHAVARRIA, J. 1998.** Response of eight plantain clones to Nematode and the cornweevil (*Cosmopolites sordidus* Germar) in Puerto Rico. *In* Memorias de la XII Reunión Acobat Ecuador '98. Guayaquil, Ecuador. pp. 539–546.
- CHAVERRI; P, CASTLEBURY L.A., STAMUELS G. J., GEISER DM. 2003.** Multilocus phylogenetic structure of *Thichoderma harzianum*/Hipopredixii Complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 27:302-313.
- COSAVE. 2003.** Hojas sobre organismos cuarentenarios para los países miembros del cosave homepage. (En línea). Consultado 18 marzo 2003. Disponible <http://www.cosave-plagascuarentenarias-Radopholussimilis>
- CRESPO, M. 2003.** El control biológico de los fitonemátodos: ativa el uso de nematicidas y cultivos transgenicos (En línea). Consultado el 28 de Mayo del 2003. Disponible en [http://www.maela-net.org/pasando/control\\_biológico\\_fitonemátodos.html](http://www.maela-net.org/pasando/control_biológico_fitonemátodos.html).
- DAVIDE, R. G. 1994.** Biological control og banana nematodes development BIOCO N I (BIOACT) and BIOCON II Technologies. In: Valmayor, R.V. Davide R.G., Stanton, J.M. Treverrow, N.L. and Ron, V.N. (eds). *Banano nematodes and weevil barers in Asia and the Pacific*. INIBAP/ASPNET. Los baños, Philippines. Pp. 139-146.
- DE WAALE, D. 2000.** Engineering resistance to diseases caused by nematodes. Pp: 492 – 495. En D.R. Jones eds. *Diseases of banana, Abacá and Enset*. CABI Publishing.
- ESQUIVEL, A. 2001.** *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949. (En línea). Unidades básicas de información. Costa Rica. Disponible en <http://www.indibio.ac.cr/birns/ubi/nemátodos/ubiespejo/ubiid=47048-find.html>

- FALLAS, G. 1992.** Cultivo manoxenico de *Radopholus similis* y respuesta de tres cultivares y un híbrido de Musa al ataque del nemátodo. Tesis de Maestría, en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Universidad de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 76 p.
- FERNANDEZ, O.; LARREA, V. 2001.** Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. (En línea). Manejo integrado de plagas. Costa Rica. No. 62 pp. 96-100. Consultado 11 de marzo del 2003. Disponible en <http://www.iicasaninetnet/pub/sanveg/pdf/antagonistas.pdf>.
- GOES, P.; VAN, L.; ROOY M DE F. 1991.** Investigación preliminar sobre el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis* en banano en Costa Rica. Convenio ASBANA y la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda pp. 113 Musarama 4:33.
- GOWEN, S. R. 2000.** Root-lesion nematodes Pp. 303 – 306. In Diseases of banana, abacá and Enset. Jones D.R (ed). CABI Publishing.
- INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP). 2005.** Desarrollo de tecnología biológica para el manejo de *Radopholus similis* en banano. Inventario tecnológico del Departamento Nacional de Protección Vegetal. Guayaquil, Ecuador.
- INIAP-PROGRAMA DE MODERNIZACIÓN DE SERVICIOS AGROPECUARIOS (PROMSA). 2004.** Determinación y desarrollo de alternativa biológica para el manejo del nematodos barrenador de las raíces de banano *Radopholus similis*. En Informe Final del Proyecto IG-CV-065. Guayaquil, Ecuador. 31 pp.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, EC); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC); SICA (Proyecto SICA Banco Mundial, EC) 2002.** III Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales y Provinciales. Quito, Ecuador. Vol. 1. Pp 103 –231.

- JIMENEZ, J. 2003.** El control biológico de plagas en México (En línea). La Habana, Cuba. Disponible en: <http://www.gub. mx/agro/produce/BANA-BIO.htm>
- JOHNES, D. R. 2002.** *Diseases of Potatoes. Theory and Practice*. CABI Publishing, Wallingford. 517 pp.
- LIU, L.C., L.J. LIU., A. PANTERA, W. SOSTINGO, O. COLBERG, D. RAMOS, E. LIZARDI, W. FICUTORA, W. LEGO, G. MARTÍNEZ, R. INGLES, A. MONLOR, J. BARRIO y J. CHAVARRIA. 1994.** Pest control and management factors affecting potato decline. Pp: 625-634. Acorbat, En X Reunion de Trabajo México 1994.
- MATEILLE, T. 1994.** Reactions biochimiques provoquées par trois nematodes phytoparasites dans les racines de deux arumiers (groupe AAA) variétés Payo et Gros Michel. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 283 - 290.
- MARBAN, N. 1987.** Quimioterapia en nemátodos. Revista del Proyecto MIP/CATIE. Manejo integrado de plagas. No. 3. P.62.
- MARBAN, N.; THOMASON, L. 1987.** Quimioterapia en nemátodos. Fitopatología avanzada I. Colegio de Postgraduados Metztzucillos Edo. de Mexico. Mexico. 261. P.
- MAVOUNOU, J. 2003.** Estudios de la interacción entre hongos endomicorrizicos y el Nemátodo *Radopholus similis*, parásito de las raíces de banano. Musarama, Francia. Boletín bibliográfico. No. 14. (2). pp. 35.
- MORGAN, G., RODRIGUEZ-KABANA, R. 1985.** Phytonematode pathology: fungal modes of action. A prosective. *Nematologica* 15 pp. 107-114.
- RIVAS, X.; ROMAN, J. 1985.** Desarrollo post-embrionario de una población de *Radopholus similis* en Puerto Rico. *Nematologica* 15 pp. 37-41.

- RODRIGUEZ – KABANA, R. 1991.** Control biológico de nemátodos parásitos de plantas, *Nematropica*. 21 (1); pp 111-122.
- ROMAN, J. 1978.** Fitonematología Tropical. Universidad de Puerto Rico. Colegio de Ciencias Agrícola. Estación Experimental Agrícola, Río Piedras, Puerto Rico. pp. 96 –97.
- ROMAN, J.; ACOSTA, N. 1984.** Nemátodos diagnóstico y combate. Universidad de Puerto Rico. Servicio de extensión agrícola. Recinto Universitario de Mayaguez. Mayaguez, Puerto Rico. 9 p.
- SARAH, J.L. 1989.** Banana nematodes and their control in Africa. *Nematropica* 19 (2): 199-216.
- SARAH, J. 2000.** Borrowing Nematode. In Disease of banana, abaca and ensed. Edited by Jones, D, R. CABI Internacional, and U.K. pp 295 – 296.
- SASSER, J.N y D.W. FRECKMAN. 1987.** A world perspective on nematology; the role of the society. Pp. 7 –14. En J.A. Veeck. D.W. Dickson eds. *Vistas on Nematology*. EE. UU. Society of Nematologists.
- SCHUSTER, R.; SIKORA, R. 1998.** Occurrence, nematicidal activity and endophytic behavior of fungi isolated from banana root systems and their importance to biological control of plant parasitic nematodes. *Musurama, Boletín bibliográfico internacional sobre bananos plátanos*. INIBAP, Montpellier, Francia. 11(2); pp. 32-33.
- SHARON, E. 2002.** Biocontrol of plant-parasitic nematodes by *Trichoderma harzianum* – possible role of proteases. In *Nematology International Journal of Fundamental and Applied Nematological Research* fourth international congress of nematology programme and abstracts. June 2002. Tenbel. La Galletas, Arona, Tenerife, Canary Islands, Spain. 4 (2): 291 p.

**SOSNOWSKA, D. 2002.** Evaluation of Polish isolates of nematophagous fungi for the control of root-knot nematode (*Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood) in vitro and in glasshouse conditions. *In* Nematology International Journal of Fundamental and Applied Nematological Research fourth international congress of nematology programme and abstracts. June 2002. Tenbel, La Galletas, Arona, Tenerife, Canary Islands, Spain. 4 (2): 291 p.

**TAYLOR, L.; SASSER, N. 1983.** Biología, identificación y control de los nemátodos de nódulos de la raíz. Proyecto Internacional de *Meloidogyne*. Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte. 89 p.

**UDUZU A. 1997.** Study of the effects of banana weevil and nematode infestation on the growth and yield of plantain (*Musa AAB*) in Ghana. M. Phil. Thesis reportado por Araya.

**VALETTE, C., NICOLE, M., SARAH, J. L., BOISSEAU, M., BOHERS, B., FARGUETTE, M. and GEIGER, J. P., 1997.** Ultrastructure and cytochemistry of interactions between banana and the nematode *R. similis*. *Fundamental and Applied Nematology* 20: 65-77.

**WHIPPS, J. M., LUWSDEN, R. D. 2000.** Commercial Use of Fungi as plant Disease Biological Control Agents: Status and Prospects pp. 9-21 *En* (Fungi as biocontrol Agents; Progress problems and potential. Edited by T.M. Butt C.W. Jackson and N. Magan). CABI Publishing, Wallingford, UK.

**ZERBA, M. 2003.** Control biológico. (En línea). Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContrBiol.htm>.

## 8. ANEXOS

Cuadro A1. Análisis de la varianza de la variable altura de plantas a 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	Altura a 90 ddt			Altura a 180 ddt		
		C.M.	F. cal.	Signific.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	145.12	0.78	n.s.	1182.00	0.03	n.s.
Tratamientos	16	274.36	0.80	n.s.	186.56	0.92	n.s.
Hongos	4	157.18	0.82	n.s.	105.73	0.88	n.s.
Dosis	2	570.95	0.25	n.s.	158.87	0.65	n.s.
H x D	8	236.72	0.79	n.s.	186.83	0.84	n.s.
Hongos vs testigo	1	684.87	0.20	n.s.	27.77	0.78	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	40.51	0.75	n.s.	722.00	0.16	n.s.
Error	48	407.20			399.27		

Cuadro A2. Análisis de varianza del incremento de altura de plantas a los 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	2032.33	0.07	n.s.
Tratamientos	16	532.38	0.81	n.s.
Hongos	4	106.03	0.97	n.s.
Dosis	2	856.12	0.35	n.s.
H x D	8	605.01	0.64	n.s.
Hongos vs testigo	1	436.83	0.46	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	1104.74	0.24	n.s.
Error	48	792.98		

Cuadro A3. Análisis de la varianza de la variable circunferencia delseudotallo a los 90 y 180 días del transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	Circunferencia a 90 ddt			Circunferencia a 180 ddt		
		C.M.	F. cal.	Signific.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	38.64	0.43	n.s.	28.45	0.16	n.s.
Tratamientos	16	32.20	0.70	n.s.	10.87	0.79	n.s.
Hongos	4	48.56	0.33	n.s.	21.54	0.26	n.s.
Dosis	2	43.52	0.36	n.s.	12.12	0.47	n.s.
H x D	8	28.00	0.71	n.s.	7.24	0.88	n.s.
Hongos vs testigo	1	8.03	0.66	n.s.	4.42	0.60	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	2.00	0.83	n.s.	1.12	0.79	n.s.
Error	48	41.36			15.82		

Cuadro A4. Análisis de la varianza del incremento de circunferencia delseudotallo a los 90 y 180 días del transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	29.49	0.51	n.s.
Tratamientos	16	20.06	0.92	n.s.
Hongos	4	20.48	0.71	n.s.
Dosis	2	5.85	0.86	n.s.
H x D	8	27.37	0.67	n.s.
Hongos vs testigo	1	8.16	0.65	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	0.13	0.95	n.s.
Error	48	38.09		

Cuadro A5. Análisis de la varianza de la variable peso de raíces sanas y dañadas por nemátodos, entre 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	Pesos raíces sanas (g)			Raíces dañadas por nemátodos		
		C.M.	F. cal.	Signific.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	1355.86	0.03	n.s.	34.93	0.06	n.s.
Tratamientos	16	195.25	0.95	n.s.	29.82	0.01	**
Hongos	4	261.86	0.65	n.s.	60.28	0.00	**
Dosis	2	255.55	0.55	n.s.	19.00	0.24	n.s.
H x D	8	121.68	0.97	n.s.	21.53	0.13	n.s.
Hongos vs testigo	1	13.16	0.86	n.s.	18.36	0.24	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	578.84	0.25	n.s.	7.32	0.46	n.s.
Error	48	425.40			12.98		

Cuadro A6. Análisis de la varianza de la variable peso de raíces podridas a los 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Tratamientos	16	8.15	0.02	*
Hongos	4	1.85	0.74	n.s.
Dosis	2	5.58	0.24	n.s.
H x D	8	11.08	0.01	**
Hongos vs testigo	1	1.72	0.50	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	21.45	0.02	*
Error	48	3.78		

Cuadro A7. Análisis de la varianza de la variable porcentaje de raíces a los 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Tratamientos	16	280.00	0.90	n.s.
Hongos	4	47.50	0.48	n.s.
Dosis	2	28.00	0.78	n.s.
H x D	8	28.00	0.88	n.s.
Hongos vs testigo	1	11.00	0.11	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	27.00	0.44	n.s.
Error	48	47.50		

Cuadro A8. Análisis de la varianza de la variable porcentaje de raíces a los 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Tratamientos	16	140.00	0.04	*
Hongos	4	123.00	0.17	n.s.
Dosis	2	140.50	0.16	n.s.
H x D	8	134.63	0.10	n.s.
Hongos vs testigo	1	133.00	0.19	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	265.00	0.06	n.s.
Error	48	73.88		

Cuadro A9. Análisis de la varianza de la densidad poblacional de *R. similis* entre los 90 y 180 días de transplante, con aplicación en vivero.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Tratamientos	16	93 x 10 <sup>6</sup>	0.62	n.s.
Hongos	4	105 x 10 <sup>6</sup>	0.43	n.s.
Dosis	2	187 x 10 <sup>6</sup>	0.22	n.s.
H x D	8	66 x 10 <sup>6</sup>	0.76	n.s.
Hongos vs testigo	1	173 x 10 <sup>6</sup>	0.21	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	30 x 10 <sup>6</sup>	0.60	n.s.
Error	48	187 x 10 <sup>6</sup>		

Cuadro A10. Análisis de la variación en el crecimiento de plantas de banano, a los 90 y 180 días después del transplante, con aplicación al campo.

Fuente de variación	G.L.	Crecimiento 90 ddt			Altura a 180 ddt		
		C.M.	F. cal.	Signific.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	67.98	0.07	n.s.	2032.33	0.07	n.s.
Tratamientos	16	27.94	0.81	n.s.	532.38	0.81	n.s.
Hongos	4	67.98	0.97	n.s.	106.03	0.97	n.s.
Dosis	2	69.07	0.35	n.s.	856.12	0.35	n.s.
H x D	8	28.92	0.64	n.s.	605.01	0.64	n.s.
Hongos vs testigo	1	2.92	0.46	n.s.	436.83	0.46	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	67.98	0.24	n.s.	1104.74	0.24	n.s.
Error	48	69.07			792.98		

Cuadro A11. Análisis de la variación en el crecimiento de altura de plantas entre evaluación a los 90 y 180 días después del transplante con aplicación al campo.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	261.67	0.01	n.s.
Tratamientos	16	254.62	0.97	n.s.
Hongos	4	67.42	0.54	n.s.
Dosis	2	258.29	0.67	n.s.
H x D	8	258.89	0.99	n.s.
Hongos vs testigo	1	69.42	0.24	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	67.22	0.78	n.s.
Error	48	69.60		

Cuadro A12. Análisis de la variación en la circunferencia del pseudotallo, entre los 90 y 180 días después del transplante, con aplicación al campo.

Fuente de variación	G.L.	Crecimiento 90 ddt			Circunferencia a 180 ddt		
		C.M.	F. cal.	Signific.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	67.67	0.08	n.s.	77.45	0.08	n.s.
Tratamientos	16	57.89	0.69	n.s.	25.04	0.69	n.s.
Hongos	4	77.81	0.45	n.s.	30.11	0.45	n.s.
Dosis	2	49.62	0.47	n.s.	24.62	0.47	n.s.
H x D	8	58.05	0.73	n.s.	20.60	0.73	n.s.
Hongos vs testigo	1	6.90	0.97	n.s.	0.06	0.97	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	49.77	0.16	n.s.	66.13	0.16	n.s.
Error	48	56.85			31.82		

Cuadro A13. Análisis de la variación del crecimiento de la circunferencia del scrotulo, entre 0 y 30 días después del trasplante, con aplicación de hongos.

Fuente de variación	GL	CM	F. cal.	Signific.
Repeticiones	1	0.75	0.00	n.s.
Tratamientos	2	0.94	0.95	n.s.
Hongos	1	0.58	0.96	n.s.
Dosis	1	0.35	0.25	n.s.
H x D	1	0.30	0.87	n.s.
Hongos vs testigo	1	0.17	0.68	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	0.63	0.86	n.s.
Error	18	0.16		

Cuadro A13. Análisis de la varianza del incremento de la circunferencia del pseudotallo, entre 90 y 180 días después del trasplante, con aplicación al campo.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. cal.	Signific.
Repeticiones	3	424.75	0.00	n.s.
Tratamientos	16	17.64	0.95	n.s.
Hongos	4	5.48	0.96	n.s.
Dosis	2	54.95	0.25	n.s.
H x D	8	17.83	0.87	n.s.
Hongos vs testigo	1	6.71	0.68	n.s.
Test 1 vs Test 2	1	1.13	0.86	n.s.
Error	48	28.91		

