

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ÁREA INTEGRADA**  
**SUBÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**

**Evaluación de distintas alternativas orgánicas y biológicas para el manejo sustentable en la producción de plátano hawaiano (*Musa spp.*), Palma Africana (*Elaeis sp.*) y melón (*Cucumis melo L.*) en el noroeste del país.**



**JUAN JOSÉ PINEDA MEJÍA**

**200410895**

**Guatemala, marzo del 2011**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA  
SUBÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación de distintas alternativas orgánicas y biológicas para el manejo sustentable en la producción de plátano hawaiano (*Musa spp.*), Palma Africana (*Elaies sp.*) y melón (*Cucumis melo L.*) en el noroeste del país.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR  
JUAN JOSÉ PINEDA MEJÍA**

**200410895**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**Guatemala, marzo del 2011**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

**Lic. Estuardo Gálvez Barrios**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>P. Forestal Axel Esaú Cuma</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Contador Carlos Alberto Monterroso Gonzáles</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. MSc. Edwin Enrique Cano Morales</b>

**Guatemala, marzo del 2011**



Guatemala, marzo del 2011

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado:

**“Evaluación de distintas alternativas orgánicas y biológicas para el manejo sustentable en la producción de plátano hawaiano (*Musa spp.*), Palma Africana (*Elaies sp.*) y melón (*Cucumis melo L.*) en el noroeste del país”.**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Juan José Pineda Mejía



## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:**

Padre nuestro que estas en los cielos, gracias te doy por darme la vida, la fuerza, la inteligencia y la perseverancia necesaria que a lo largo de este camino utilice, aunque con problemas y dificultades supe sacar adelante con tu ayuda.

**MIS PADRES:**

Simón Pineda Rodríguez y Rosa Haydeé Mejía de Pineda. Gracias por todo el esfuerzo realizado para que alcanzara éste logro, todo su esfuerzo no fué en vano, aquí esta nuestro logro. Que Dios los bendiga siempre, papá, mamá, los amo.

**MIS HERMANOS:**

Erick Estuardo, Ana Cristina, Brenda Susana, Simón de Jesús, Selvin Ricardo, Kevin Eduardo, Gabriel Lizandro. Gracias por su apoyo y cariño. Que esto sea motivación para que alcancen sus metas, adelante.

**A MI ESPOSA E HIJA:**

Guadalupe Desireé López y Angélica Desireé, gracias amor lindo por lo que me has dado, por tu ayuda, comprensión, dedicación y amor, gracias. Que este logro sea motivación para que logres todas tus metas y propósitos. Angélica, eres lo más lindo que me ha pasado.

**MIS ABUELOS:**

José León Pineda Ávila (Q.E.P.D.), Albertina Rodríguez (Q.E.P.D.), Ricardo Mejía (Q.E.P.D.), Hilaria Gálvez, con mucho cariño.

**MI FAMILIA EN GENERAL:**

Gracias por todo, Dios los bendiga.

A MIS AMIGOS:

Álvaro Samayoa, José Roberto Martínez, Eddy Navichoque del Cid, Josué Teo, Carlos Monterroso, Mauricio Warren, Ángel Valle, Jorge Rossil, Oswal Castillo, José Montenegro Moran, Marvin Ruano, Chente Madrid, Samuel Galindo, Pablo Vásquez. Parte importante en este logro, porque estuvieron cuando los necesite. Gracias por su amistad y apoyo, bendiciones en sus vidas.

## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

**A:**

DIOS

Gracias Señor por tantas cosas que me has dado, especialmente por este logro.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

COLEGIO BLAISE PASCAL, INSTITUTO BASICO LEONEL PINEDA MEJIA Y ESCUELA RURAL MIXTA CARLOTA GARCIA VALLEJO DE LUNA

A MIS ASESORES

Dr. David Monterroso Salvatierra y Ing. Agr. Cesar Linneo García

A NATURALMENTE PURESА S.A. Y COMPAÑEROS DE TRABAJO: Pablo Vásquez, Jackeline Vargas, Christian Galdámez, Vicente Madrid, Cecilio Otzín, Samuel Galindo, gracias por su apoyo y colaboración.

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

DIOS:

Aunque en este proceso existieron momentos difíciles, tú me iluminaste por el camino correcto, gracias Señor.

MIS PADRES:

Por su apoyo y amor incondicional, gracias por confiar en mi y apoyarme en todo.

MIS HERMANOS:

Especialmente a Ana, Erick, Simón y Ricardo. Gracias por brindarme el apoyo y muchas cosas necesarias para concluir mis estudios. Dios los bendiga.

Familia López Gómez: Gracias por todo el apoyo brindado.

Familia Madrid Salguero, especialmente a Leonor Salguero (Q.E.P.D.) y Vicente Madrid, que Dios les bendiga.

Naturalmente Puresa S.A., parte importante en mi formación profesional, gracias por la oportunidad brindada.

Dr. David Monterroso:

Gracias por la asesoría brindada y compartir sus conocimientos en la realización de este trabajo.

Ing. Agr. Cesar Linneo García:

Gracias por la asesoría y colaboración.

Catedráticos:

Por compartir sus conocimientos, mil gracias.

## INDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL .....	1
CAPITULO I .....	3
DIAGNOSTICO GENERAL DE LA EMPRESA NATURALMENTE PURESА S.A. “SITUACION ACTUAL DE NATURALMENTE PURESА PARA EMPRENDER PROYECTOS EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS AGRICOLAS” .....	3
1.1 PRESENTACIÓN .....	4
1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA .....	6
1.3 OBJETIVOS .....	6
1.3.1 General: .....	6
1.3.2 Específicos: .....	6
1.4 METODOLOGÍA.....	7
1.5 RESULTADOS .....	8
Información primaria y secundaria recabada para la elaboración del diagnóstico de la empresa Naturalmente Puresa S.A. ....	8
1.5.1 Estructura Organizacional De La Empresa .....	8
1.5.2 Ubicación de la empresa en Guatemala .....	9
1.5.3 Misión de la empresa .....	9
1.5.4 Visión de la empresa.....	9
1.5.5 Objetivo de la empresa .....	10
1.5.6 Productos con los que cuenta la empresa .....	10
1.6 Situaciones o problemas presentes .....	15
1.7 CONCLUSIONES.....	16
1.8 RECOMENDACIONES .....	17
1.9 BIBLIOGRAFIA .....	18
CAPITULO II .....	19
“Evaluación de una alternativa orgánica para el control de los nemátodos <i>Radopholus similis</i> Cobb, <i>Pratylenchus</i> sp., <i>Meloidogyne</i> sp., y <i>Rotylenchulus</i> sp., en el cultivo de plátano hawaiano ( <i>Musa</i> ssp.), bajo condiciones de Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal”...	19
2.1 PRESENTACIÓN .....	20
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21

2.2. MARCO TEORICO .....	23
2.2.1. Cultivo del plátano Hawaiano .....	23
2.2.2 Enfermedades por Nemátodos.....	26
2.2.3 Nemátodos .....	27
2.2.3.1 Ecología .....	27
2.2.3.2 Ciclo de vida.....	27
2.2.3.3 Estructura Del Cuerpo.....	28
A. Cutícula .....	28
B. Epidermis .....	28
C. Musculatura.....	28
D. Pseudoceloma.....	28
2.2.3.4 Sistema Nervioso .....	29
2.2.3.5 Órganos Sensoriales.....	30
2.2.3.6 Sistema Digestivo.....	31
A. Estomodeo .....	31
B. Mesenterón .....	31
C. Proctodeo.....	32
2.2.3.7 Sistema Excretor.....	32
2.2.3.8 Sistema Reproductor.....	32
2.2.3.9 Tipos de Reproducción .....	33
A. Hermafroditismo .....	33
B. Partenogénesis.....	33
C. Espermatogenesis.....	33
D. Gametogénesis .....	33
E. Citocinesis .....	33
F. Formación de quistes .....	34
2.2.4 Clasificación de nemátodos según su hábito .....	34
2.2.4.1 Ectoparásitos .....	34
2.2.4.2 Endoparásito .....	34
2.2.4.3 Endoparásito migratorio .....	34
2.2.4.4 Endoparásito sedentario .....	34

2.2.4.5 Semiendoparásito.....	35
2.2.5 Muestreo de nematodos en plátano y banano.....	35
2.2.6 Nematodos Del Plátano .....	36
2.2.6.1 Nematodo barrenador ( <i>Radopholus similis</i> Cobb).....	36
A. Clasificación Taxonómica .....	36
B. Ciclo de Vida.....	37
C. Daños .....	38
D. Nivel Crítico .....	38
2.2.6.2 Nematodo de la lesión ( <i>Pratylenchus</i> spp.) .....	39
A. Clasificación Taxonómica .....	39
B. Características .....	39
D. Ciclo de vida .....	39
E. Daños: .....	40
2.2.6.3 Nematodo modulador ( <i>Meloidogyne</i> spp) .....	40
A. Clasificación Taxonómica .....	41
B. Descripción .....	41
C. Ciclo de Vida .....	41
2.2.6.4 <i>Rotylenchulus</i> spp. ....	42
A. Clasificación Taxonómica .....	42
2.3.1 Lugar donde se realizó la Investigación.....	43
2.3.2. Suelos.....	43
2.3.3. Zona de vida .....	43
2.3.4. Clima.....	43
2.3.5 Plantación .....	44
2.3.6 Productos a evaluar .....	44
2.3.6.1 Producto orgánico .....	44
A. Tipo de Producto:.....	44
B. Composición porcentual .....	44
C. Ingrediente activo (i.a.) .....	45
2.3.6.2 HONGOS NEMATOFAGOS.....	45
A. Nematodos-hongos captura (depredadores, predaceous hongos).....	46

2.3.6.3 Producto Químico.....	47
A. Tipo de Producto: .....	48
B. Composición Porcentual:.....	48
C. Formula química:.....	48
D. Clasificación: Organofosforado .....	48
E. Estructura química:.....	48
2.3.6.4 Antecedentes de la finca .....	49
2.4.1 General.....	52
2.4.2 Específicos .....	52
2.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	52
2.6.1 Tratamientos.....	53
2.6.2 Metodología de campo .....	54
2.6.3 Procesado de las muestras en Laboratorio .....	54
2.6.4 Identidad de nemátodos fitopatógenos.....	55
2.6.5 Descripción de las Variables .....	55
2.6.6 Muestreos.....	56
2.7. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN .....	57
2.7.1 Nemátodos presentes .....	57
2.7.2 Índice de daño (% de tejido enfermo).....	57
2.7.3 Comportamiento de la población de géneros de nemátodos encontrados en raíz de cultivo de plátano hawaiano. ....	59
2.7.4 Comportamiento de la población de géneros de nemátodos encontrados en suelo con cultivo de plátano hawaiano. ....	64
2.7.5 Análisis Estadístico del Ensayo .....	68
2.7.6 Costos parciales del ensayo.....	68
2.8. CONCLUSIONES .....	70
2.9. RECOMENDACIONES.....	71
2.10. BIBLIOGRAFÍA.....	72
CAPITULO III .....	74
INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS .....	74
3.1 PRESENTACION.....	75

3.2 AREA DE INFLUENCIA .....	76
3.3 OBJETIVO GENERAL .....	76
3.4 SERVICIOS PRESTADOS.....	77
3.4.1 Programa de suplemento nutricional orgánico y de protección de enfermedades para la etapa de pre-vivero en palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> ) Placa 1, Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal.....	77
3.4.1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA .....	77
3.4.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	78
3.4.1.3 HIPÓTESIS.....	78
3.4.1.4 METODOLOGÍA.....	79
A. Tratamientos.....	79
B. Variables de respuesta.....	80
C. Aleatorización de los tratamientos.....	80
D. Especificaciones de tratamientos .....	81
3.4.1.5 RESULTADOS OBTENIDOS .....	83
3.4.1.6 CONCLUSIONES .....	85
3.4.1.7 CONSTANCIAS.....	86
3.4.2 Diagnóstico nematológico de suelo y raíz de cultivo de plátano Hawaiano SERVARESA.....	87
3.4.2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA .....	87
3.4.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	88
3.4.2.3 METODOLOGIA.....	89
a) Trabajo de campo.....	89
b) Trabajo de laboratorio.....	89
3.4.2.4 RESULTADOS.....	91
3.4.2.5 CONCLUSIONES .....	94
3.4.2.6 CONSTANCIAS.....	95
3.4.3 Evaluación de un fumigante orgánico (Detruire®) como alternativa de sustitución al N-metilditiocarbamato de Sodio (Metam Sodio) para el control de <i>Fusarium</i> spp. en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), Finca La Puntilla, Estanzuela, Zacapa. ....	97
3.4.3.1 DEFICNICION DEL PROBLEMA .....	97

A. El género <i>Fusarium</i> Link .....	98
3.4.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	100
3.4.3.3 METODOLOGIA DE EVALUACIÓN.....	101
A. Tratamientos .....	101
B. Productos a evaluar .....	101
C. Campos de evaluación.....	103
D. Datos de plantas muertas y rendimientos .....	104
E. Análisis Estadístico .....	104
3.4.3.4 RESULTADOS.....	105
A. Análisis de plantas muertas.....	108
B. Promedio de melones .....	109
3.4.3.5 CONCLUSIONES.....	112
3.4.3.6 CONSTANCIAS .....	113
3.4.3.7 BIBLIOGRAFÍA DE SERVICIOS.....	114

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizacional simple de la empresa Naturalmente Puresa S.A. ....	9
Figura 2. Racimo de plátano Hawaiano. ....	25
Figura 3: Plantación de plátano Hawaiano en la cual se puede apreciar su morfología. ...	26
Figura 4. Corte transversal que muestra diferentes órganos así como el Pseudoceloma..	29
Figura 5. Diferentes vistas de nematodos macho y hembra mostrando su estructura. ....	30
Figura 6. Forma de cómo se debe de muestrear nematodos en el cultivo de plátano. ....	35
Figura 7. Lesiones causadas por nematodos en raíces de plátano/banano. ....	36
Figura 8. Red estructural de <i>Arthrobotrys oligospora</i> atrapa nematodos, luego inicia el proceso enzimático de digestión. Fuente: .....	46
Figura 9. Estructura de anillo de un hongo nematofago predador.....	47
Figura 10. Estructura química de Terbufos. ....	48
Figura 11. Comportamiento de nemátodos fitoparásitos en suelo. ....	50
Figura 12. Comportamiento de nemátodos encontrados en raíz de plátano.....	51
Figura 13. Distribución de los tratamientos en el campo, una hectárea de cultivo. ....	53
Figura 14. Comportamiento del porcentaje de daño en raíces.....	58
Figura 15. Daño en las raíces al inicio y al final del ensayo. ....	59
Figura 16. Comportamiento promedio de la población promedio de <i>R. similis</i> .....	60
Figura 17. Comportamiento de la población promedio de <i>Pratylenchus</i> sp. ....	61
Figura 18. Individuo de <i>Pratylenchus</i> sp., presente en raíz de plátano hawaiano. ....	61
Figura 19. Comportamiento de la población promedio de <i>Meloidogyne</i> sp.....	62
Figura 20. Comportamiento de la población promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en raíces de plátano hawaiano. ....	63
Figura 21. Comportamiento de la población promedio de <i>R. similis</i> .....	64
Figura 22. Comportamiento de la población promedio de <i>Pratylenchus</i> sp. ....	65
Figura 23. Comportamiento de la población promedio de <i>Meloidogyne</i> sp.....	66
Figura 24. Comportamiento de la población promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo con cultivo de plátano hawaiano. ....	67
Figura 25. Aleatorización de tratamientos en las mesas de desarrollo y descripción de la unidad experimental. ....	81
Figura 26. Promedio de alturas en centímetros de plántulas de palma africana, etapa de pre-vivero. ....	84
Figura 27. Medición longitudinal de plantas en evaluación, etapa de pre-vivero.....	86
Figura 28. Desarrollo radicular de plantas tratadas con programa de complemento nutricional orgánico. Tratamiento 2. ....	86
Figura 29. Población de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo. ....	92
Figura 30. Fluctuación de nemátodos fitoparásitos encontrados en raíz. ....	93
Figura 31. Resultado de diagnóstico nematológico de suelo. ....	95
Figura 32. Resultado de diagnóstico nematológico de raíces. ....	96
Figura 33. <i>Fusarium</i> en su forma original. (A) hifas con conidióforos simples; (B) conidióforos variables; (C) desprendimiento de un esporoquio formado por la rama de un conidióforo; (D) conidias. Fuente: H.L. Barnett et al. 1998. ....	98
Figura 34. Especies de <i>Fusarium</i> y su forma conidial. Fuente: Romero S. 1988. ....	99
Figura 35. Unidades formadoras de colonias de <i>Fusarium</i> spp. en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), lote 3M Fruta Mundial.....	105

Figura 36. Unidades formadoras de colonias de <i>Fusarium</i> spp. en el cultivo de melón ( <i>Cucumis Melo</i> L.) lote 3N.....	107
Figura 37. Comportamiento de colonias de <i>Fusarium</i> spp. en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), lotes 3M, 3N y 3Q Fruta Mundial. ....	108
Figura 38. Porcentaje de plantas vivas y muertas para tratamiento orgánico y tratamiento testigo. ....	109
Figura 39. Evaluación del número promedio de melones por metro, lote 3.M.....	110
Figura 40. Evaluación del promedio de melones por metro, lote 3.N.....	111
Figura 41. Esporas de <i>Fusarium</i> spp., encontradas en las muestras procesadas.....	113
Figura 42. Caja petri mostrando las colonias de <i>Fusarium</i> spp., encontradas en las muestras. ....	113

### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. FODA aplicado a la empresa Naturalmente Puresa S.A.....	14
Cuadro 2: Composición porcentual de Nematicida orgánico. ....	44
Cuadro 3. Nemátodos encontrados en muestras de suelo. ....	49
Cuadro 4. Nemátodos encontrados en raíz de plátano.....	50
Cuadro 5. Escala de medición del daño ocasionado por los nemátodos al sistema de raíces y control de tratamientos. ....	56
Cuadro 6. Cantidad y fecha de muestreos para determinación de población de nemátodos. ....	56
Cuadro 7. Porcentaje de daño y raíz funcional, tratamiento orgánico y químico. ....	57
Cuadro 8. Población promedio por muestreo de <i>Radophulus</i> s. Cobb presente en raíz de plátano hawaiano. ....	59
Cuadro 9. Población promedio de nemátodos del género <i>Pratylenchus</i> presente en raíz de plátano hawaiano. ....	60
Cuadro 10. Población promedio de nemátodos del género <i>Meloidogyne</i> presente en raíz de plátano hawaiano. ....	62
Cuadro 11. Población general promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en raíz de plátano. ....	63
Cuadro 12. Población promedio de nemátodos del género <i>R. similis</i> presente en suelo con cultivo de plátano hawaiano. ....	64
Cuadro 13. Población promedio de nemátodos del género <i>Pratylenchus</i> presente en suelo con cultivo de plátano hawaiano. ....	65
Cuadro 14. Población promedio de nemátodos del género <i>Meloidogyne</i> presente en suelo con cultivo de plátano hawaiano. ....	66
Cuadro 15. Población general promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo con cultivo de plátano. ....	67
Cuadro 16. Análisis de costos que varían para el tratamiento orgánico. ....	68
Cuadro 17. Análisis de costos que varían para el tratamiento químico. ....	68
Cuadro 18. Descripción de los distintos tratamientos evaluados. ....	79
Cuadro 19. Especificaciones de tratamiento orgánico completo, dosis y momento de aplicación. ....	81
Cuadro 20. Especificaciones de tratamiento 2, Programa orgánico + 75% programa convencional. ....	82

Cuadro 21. Especificaciones de tratamiento 3, programa orgánico + 50% programa convencional. ....	82
Cuadro 22. Especificaciones de tratamiento 4, programa convencional. ....	82
Cuadro 23. Resultado de promedios, alturas de plántulas de cada repetición.....	83
Cuadro 24. Análisis de medias de los distintos tratamientos. Los valores que se muestran son para altura de la planta. ....	83
Cuadro 25. ANDEVA de las alturas de los distintos tratamientos. ....	83
Cuadro 26. Resultado de población de nemátodos encontrados en suelo. ....	91
Cuadro 27. Resultado de población de nemátodos encontrados en raíz. ....	92
Cuadro 28. Descripción de componentes y composición porcentual de producto orgánico.....	102
Cuadro 29. Tabla ANDEVA y Analisis Tukey para las diferentes dosis evaluadas. ....	106
Cuadro 30. Promedio de Unidades Formadoras de Colonias de <i>Fusarium</i> spp.....	107



**“Evaluación de una alternativa orgánica para el control de los nemátodos *Radopholus similis* Cobb, *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., y *Rotylenchulus* sp., en el cultivo de plátano hawaiano (*Musa* spp.), bajo condiciones de Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal”**

**“Assess from organic alternative to take control of nematodes *Radopholus similis* Cobb, *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., y *Rotylenchulus* sp., in the Hawaiian banana cultivation (*Musa* spp.), under conditions in Entre Rios, Puerto Barrios, Izabal”**

## **RESUMEN GENERAL**

A continuación se describe el trabajo de graduación realizado durante el período de diez meses que establece la facultad de Agronomía, el cual fue ejecutado de agosto del 2008 a mayo del 2009. El presente trabajo de graduación está dividido en tres capítulos los cuales incluyen diagnóstico, investigación y servicios. El diagnóstico hace mención a la empresa Naturalmente Puresa en donde se explica que es la empresa, a que se dedica, su estructura organizacional, como y que se trabaja y los servicios que presta. A partir de giras de campo, entrevistas y observaciones se llegó a determinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) y de esta manera se determinó la investigación y servicios que se realizaron.

El capítulo II, comprende la investigación realizada en Servicio de Administración S.A. (SERVARESA), empresa dedicada a la producción de plátano hawaiano en la zona de Puerto Barrios Izabal. En esta zona existen problemas por el ataque de nemátodos a las plantaciones de banano y plátano, principalmente por las condiciones ambientales del lugar; la precipitación pluvial ocurre en casi todo el año superando los 4000 mm de lluvia anuales. Los daños de los nemátodos provocan el volcamiento de las plantas disminuyendo la densidad de plantas por unidad de superficie, reducen el rendimiento y algo importante que los nemátodos abren paso a otros patógenos, bacterias y hongos, entre ellos de importancia como el moko del banano (*Ralstonia solanacearum*). Los problemas por nemátodos han provocado pérdidas desde un 30 a un 80% en aéreas severamente infestadas (13).

En la zona se han llevado medidas químicas principalmente para contrarrestar su ataque pero no han demostrado efecto satisfactorio, por eso se plantea una alternativa sustentable, el objetivo principal fué proponer un manejo alternativo de los nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano hawaiano (*Musa spp.*) de manera sustentable para el ambiente. En la evaluación se compararon dos productos, uno químico y otro de origen orgánico, formulado a partir de una enzima (proteasa de serina) producida por hongos nematófagos. Se realizó la táctica de parcelas apareadas para medir la efectividad en el control de los nemátodos fitopatógenos. Durante la evaluación se realizaron 5 muestreos que permitió evaluar el porcentaje de daño al sistema de raíces y el comportamiento de los niveles poblacionales de los nemátodos fitopatógenos, además de constatar la identidad de los mismos. El porcentaje de daño del sistema de raíces al final del ensayo fue de 40% para el tratamiento orgánico y de 44% para el tratamiento químico cuando al inició de la evaluación se encontraba en un 75% a 80% de daño. La población de nemátodos en las raíces disminuyó 52% con el tratamiento orgánico y se incrementó 120% con el tratamiento químico al final del ensayo. La población de nemátodos en suelo disminuyó 60% con el tratamiento orgánico y 87% con el tratamiento químico.

En el capítulo III se presentan los servicios realizados. Como primer servicio aparece la evaluación de un programa orgánico de complemento en la fertilización de Palma Africana (*Elais spp.*) en la etapa de pre-vivero. El segundo servicio fue la determinación de la población e identificación de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano hawaiano en toda la finca donde se llevó a cabo la investigación. El tercer servicio fue la evaluación de un fumigante orgánico como sustituto al biocida metam sodio para el control de *Fusarium sp.* en el cultivo de melón.

## **CAPITULO I**

**DIAGNOSTICO GENERAL DE LA EMPRESA NATURALMENTE PURESА S.A.  
“SITUACION ACTUAL DE NATURALMENTE PURESА PARA EMPRENDER  
PROYECTOS EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS AGRICOLAS”.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

Hoy en día se toma en cuenta con más criterio el daño que se le está dando al medio ambiente debido al mal uso de los agroquímicos y otros compuestos químicos que a lo largo del tiempo ocasionan daños irreversibles en el ambiente.

Para que se pueda llevar a cabo un buen manejo de los sistemas productivos es necesario integrar todas las formas posibles que nos ayuden a darle solución a problemas agrícolas, ello incluye, productos químicos, orgánicos y biológicos así como técnicas mecánicas y culturales ya que ello permite obtener mejores beneficios al productor así para el medio ambiente.

Naturalmente Puresa S.A se encuentra ubicada en el municipio de Estanzuela, Zacapa. Esta se dedica a la producción, distribución y venta de productos biológicos y orgánicos para el control de plagas y enfermedades, brindando asesoría técnica a sus clientes, además de realizar constantes evaluaciones de los productos en diferentes cultivos con el fin de solucionar los problemas que se encuentran presentes en los cultivos sin provocar daño al medio ambiente. Estos productos han demostrado su eficacia en los problemas presentes en cultivos, de los cuales han sido probados en nuestro medio, pero que, hace falta mucho trabajo de desarrollo de los productos para implementar su uso en diferentes medios.

La empresa Naturalmente Puresa S.A. posee una gama de productos orgánicos y biológicos los cuales tienen resultados efectivos en el manejo plagas y enfermedades de algunos cultivos, por ser una empresa nueva en el medio nacional, no es muy conocida. Actualmente se desempeña como una empresa muy completa en cuanto a servicios y asesoría que brinda a las empresas productoras de diferentes cultivos así como también a pequeños productores.

Se llevan alrededor de 6 años trabajando en Guatemala, tiempo en el cual, la empresa se ha dado a conocer en diversos sectores productivos, por ejemplo, empresas que se dedican a producción en grandes cantidades de diferentes cultivos, por ejemplo

meloneras, empresas de ornamentales, productoras de hortalizas etc., en las cuales se ha llegado a manejar los problemas que se han tenido.

Las distintas evaluaciones que se desean hacer de los productos de Naturalmente Puresa son enfocadas a darle solución a problemas fitopatógenos que con métodos químicos han sido muy difíciles de combatir, que crean únicamente un desequilibrio en el medio ambiente y al mismo tiempo, que estos patógenos desarrollen resistencias u otros mecanismos de defensa. Sin embargo, existe la necesidad de seguir contribuyendo a la solución de los problemas de otros cultivos y al mismo tiempo darse a conocer como una empresa sólida, con tecnología y personal capacitado en las diferentes áreas de trabajo.

Actualmente la empresa abarca cultivos como hortalizas, plantas ornamentales y fincas ganaderas, pero que, desea llegar a otros cultivos como lo son plátano, banano, palma africana y otros, por lo cual se ha decidido realizar investigaciones de los productos en cuanto a la solución de las plagas y enfermedades y nutrición de éstos cultivos sin dañar el medio ambiente, ya que los productos con los que se trabaja son de origen orgánico y biológico.

## **1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA**

Naturalmente Puresa S.A. es una empresa que inicio sus operaciones en Guatemala con el fin de aportar nueva tecnología para la producción agrícola nacional, iniciando operaciones en el país en el año 2005, tiempo en el cual se han llevado a cabo un sin fin de evaluaciones de nuevos productos, pero estas evaluaciones no están disponibles para las personas. Es necesario que se de a conocer la empresa en cuanto a lo que se dedica para que esta información este disponible y sea aplicada.

A lo largo de este tiempo se ha venido dando crecimiento dentro del mercado nacional dada la necesidad que existe en tener alternativas viables y eficaces amigables con el medio ambiente.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General:**

Determinar la situación actual de Naturalmente Puresa S. A., sede Guatemala, tanto técnico como administrativamente, describiendo la problemática y proponiendo soluciones.

### **1.3.2 Específicos:**

- a. Determinar cuales son los problemas presentes.
- b. Determinar la estructura organizacional de la empresa.
- c. Proponer soluciones a los problemas encontrados.

#### **1.4 METODOLOGÍA**

Para la realización de las diferentes etapas de la formulación del diagnóstico general de la empresa Naturalmente Puresa S.A. fue necesaria la obtención de información, la información primaria recabada surgió a partir de conocimientos y toma de información de las diferentes giras y visitas de campo realizadas a diversas empresas y productores. En las visitas a la empresa se conversó con el personal para obtener información de lo que han realizado cada uno de los integrantes; así como los campos donde se hacen evaluaciones de los productos, además en los que ya se han trabajado. En estas visitas se pudo constatar todo lo que se ha hecho, lo que se está haciendo y lo que falta por hacer para ayudar a los productores en la solución de sus problemas y contribuir de buena manera a la producción agrícola nacional.

Entre los recursos que fueron utilizados para realizar estas observaciones se encuentran: vehículos para transportarse de un lugar a otro, papel y lápiz para hacer las diferentes anotaciones, fotografías de trabajos, revisión de documentos, comunicación personal.

Para el análisis de la información obtenida y llegar a determinar los problemas más importantes a los cuales quiere darle solución, según sus intereses, se hizo necesario la utilización de un análisis estratégico por medio de un FODA y de un árbol de problemas.

La información primaria recabada surgió a partir de conocimientos y toma de información de las diferentes giras y visitas de campo realizadas.

## **1.5 RESULTADOS**

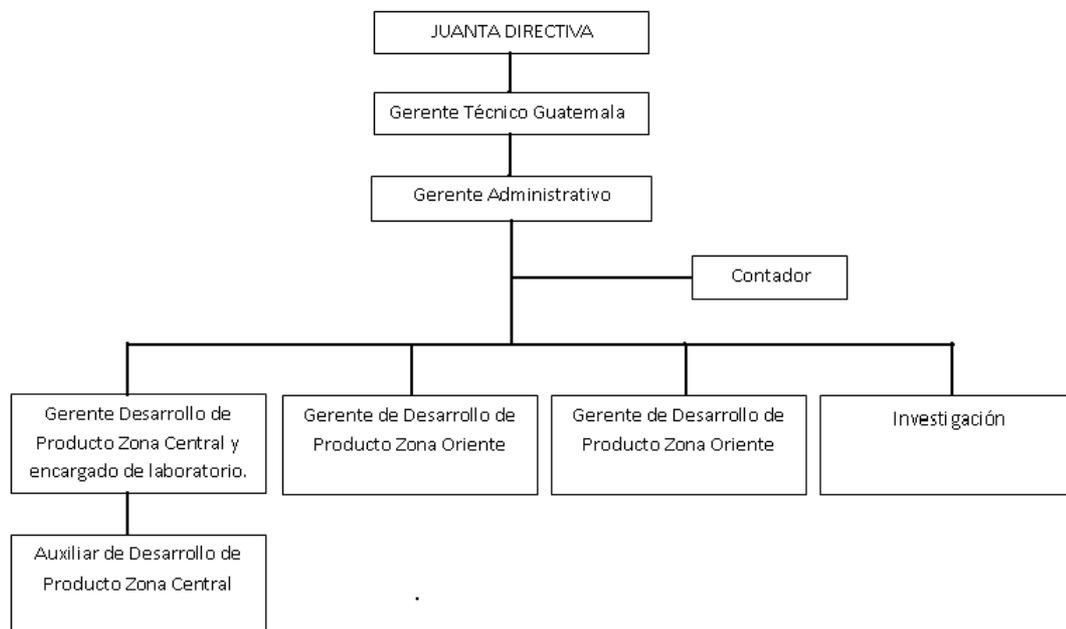
### **Información primaria y secundaria recabada para la elaboración del diagnóstico de la empresa Naturalmente Puresa S.A.**

La empresa Naturalmente Puresa, surgió en México dado la necesidad que existe en la solución de problemas agrícolas usando para ello productos orgánicos y biológicos que no causen daños al medio ambiente. Las oficinas centrales y la planta de producción y desarrollo se encuentran en el Estado de Durango, Dgo, México. La empresa se dedica a la producción, distribución y venta de productos biológicos y orgánicos para el control de plagas y enfermedades, brindando asesoría técnica a sus clientes, además de realizar constantes evaluaciones de los productos en diferentes cultivos con el fin de solucionar los problemas que se encuentran presentes en los cultivos sin provocar daño al medio ambiente. Acá en Guatemala se encuentra ubicada en el departamento de Zacapa. La empresa cuenta con la siguiente infraestructura: oficinas administrativas y bodega ubicadas en Estanzuela, Zacapa, un laboratorio de fitopatología equipado con los materiales, equipo y reactivos necesarios para la determinación de organismos patógenos de suelo y muestras vegetales, para brindar asistencia técnica de los diferentes clientes y personal técnico capacitado.

#### **1.5.1 Estructura Organizacional De La Empresa**

La sede Guatemala se encuentra constituida de una forma organizacional simple pero que cuenta con asesoría desde la sede central, se encuentra conformada por:

Junta Directiva (Propietarios) Gerente General, Gerente administrativa, Contador, Gerentes de Desarrollo de Productos zonas Norte, Oriente y Central, encargado de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación, a continuación la figura 1 representa la jerarquía organizacional.



**Figura 1. Estructura organizacional simple de la empresa Naturalmente Puresa S.A.**

Cada uno de los encargados de los puestos desempeña labores de acuerdo a su puesto, en el cual se llevan ciertos lineamientos y estrategias que deben de cumplirse.

### **1.5.2 Ubicación de la empresa en Guatemala**

Naturalmente Puresa S.A. se encuentra ubicada en el departamento de Zacapa, colonia Colinas los Migueles, Zacapa, Zacapa.

### **1.5.3 Misión de la empresa**

Crear biotecnología accesible para el control de plagas y enfermedades en la agricultura, respetando al medio ambiente y generando mayor productividad en el campo, a través de asesoría profesional y personalizada (3).

### **1.5.4 Visión de la empresa**

Apoyar el desarrollo agropecuario nacional, para lograr consolidar operaciones en el ámbito internacional, con un potencial en productos y soporte técnico que satisfaga todas las necesidades del sector, provocando un efecto multiplicador que haga factible un

desarrollo sustentable (3).

### 1.5.5 Objetivo de la empresa

Brindar al agricultor soluciones concretas y económicas en: nutrición de cultivos, control de plagas y enfermedades de las plantas, así como soporte técnico por medio de asesoría personalizada (3).

### 1.5.6 Productos con los que cuenta la empresa

Cuenta con una gama de productos orgánicos y biológicos los cuales han sido probados a nivel de campo y laboratorio comprobando la efectividad que tienen para lo cual fueron desarrollados. Entre los principales productos con los que trabaja la empresa se encuentran:

- 1 **Pro-selective®**: Cepa del hongo *Trichoderma harzanium* (i.a.), el cual contiene  $1 \cdot 10^{11}$  esporas de concentración. Es un fungicida biológico para el control de hongos fitopatógenos del suelo, como ejemplo, *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., etc.
- 2 **Kill Mite®**: Hidróxido de calcio Micronizado 400m + Azufre (97%) y aditivos orgánicos (3%). Es un fungicida y acaricida orgánico.
- 3 **Natural CH®**: Aceite vegetal 60%, Barberita, Argemónina y alcaloides silvestres 40%. Extracto natural de la planta Chicalote (*Argemone mexicana* L.) para el control de insectos chupadores.
- 4 **Natural H®**: Aceite Vegetal 60%, Ricinina y Ricinolenina 40%. Extracto natural desarrollado a partir de la planta Higuierilla (*Ricinus communis* L.) para el control de insectos chupadores.
- 5 **Natural Soil®**: Fertilizante orgánico de origen natural el cual contiene un alto contenido de aminoácidos que nutren la planta. Soluble de Pescado 30%; Acido fosfórico 5.0%; Carbohidratos 7.5%; Ácidos orgánicos 5.0%; ingrediente inerte 50%.
- 6 **Specific Meta®**: *Metarhizium Anisopliae* K  $1 \cdot 10^{11}$  esporas/bolsa de 240 gramos.

Es un insecticida biológico compuesto por esporas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisoplae* para el control de insectos.

- 7 **Specific Beau®**: *Beauveria bassiana* 1\*10" esporas/bolsa de 240 gramos. Insecticida biológico compuesto por esporas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control de insectos.
- 8 **Dhuro®**: Jabón insecticida hecho a partir de ácidos grasos no iónicos. Tiene funciones de adherente y además para el control de algunos insectos de cuerpo blando como chupadores.
- 10 **Sopressore®**: Extracto alcohólico de la planta *Equisetum arvense* para la protección contra hongos foliares especialmente, mildius y tizones.
- 11 **Pulitore®**: Bactericida biológico elaborado con levaduras y ácidos orgánicos producidos por fermentación. Ejerce control sobre diversos géneros de bacterias como, *Xantomonas*, *Erwinias*, *Pseudomonas*, entre otras.
- 12 **Detruire®**: Producto obtenido a través de fermentación biológica controlada para la cual se usan bacterias y levaduras productoras de ácidos orgánicos a partir de oligosacáridos y polisacáridos. Formulado para el control de hongos del suelo.
- 13 **Invassore®**: Formulado con géneros de bacterias como: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Rhizobium* y *Bacillus*. Estas bacterias son fijadoras de nitrógeno atmosférico en la rizoosfera de la planta y de otras funciones hormonales que ayudan mucho a la planta. De este producto se tienen específicamente para inoculación de semillas y plántulas, existen para frijol, maíz, plántulas y semillas en general.
- 14 **Invassione®**: fungicida biológico formulado por varias cepas de bacterias benéficas como *Bacillus subtilis* y *Bacillus ssp.* las cuales funcionan como competidoras contra hongos foliares.
- 15 **Extra Natural Plus®**: Insecticida emulsionable de contacto que tiene acción sobre larvas de diferentes ordenes de insectos, además de poseer una acción repelente

contra los mismos por la presencia de terpenos y sesquiterpenos.

- 16 **Contenzione®**: Nematicida biológico, compuesto por enzimas (Proteasa de serina) de hongos nematófagos que controla eficazmente géneros de nemátodos como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rhadophulus*, *Rotylenchulus*, *Tylenchulus*, entre otros.
- 17 **Sanguer 24®**: Insecticida natural orgánico constituido por saponinas de ácido oleanólico, hederagenina bamiridina, entre otros. Tiene acción sobre adultos y larvas del primero y segundo estadio de trips.
- 18 **Amirol 11®**: Es un insecticida natural orgánico constituido por saponinas de la amirina, del ácido oleanólico y cardenólidas desarrollado para el control de ninfas y adultos de especies de mosca blanca.
- 19 **BH110®**: Es un insecticida natural orgánico constituido por alcaloides naturales con esqueleto de benzofeanantridina y benzoisoquinolina así como saponinas oleanólicas. Posee acción contra larvas de *Spodoptera Frugiperda* (2,3).

Continuamente se sigue investigando para la elaboración de otros productos según demandas. Actualmente la empresa se encuentra haciendo evaluaciones de productos en diferentes cultivos con el fin de contribuir a la solución de problemas, por ejemplo se están haciendo evaluaciones nuevas, como es el caso de control de enfermedades fungosas y desarrollo rápido de pilones forestales, entre otras evaluaciones de importancia y que enriquecen la información para la empresa para su beneficio y el de los productores.

La empresa se dedica al servicio desde pequeños productores hasta empresas grandes, Naturalmente Puresa S.A. brinda asesoría técnica (además de vender los productos) haciéndoles evaluaciones a las parcelas de producción de diferentes cultivos, esto, a modo de involucrar a los productores y que se den cuenta por sus propios medios de los resultados y comprobar que los programas de trabajo les solucionan sus problemas e involucrarlos en el manejo de los mismos.

Además de la asesoría técnica que brinda la empresa, pone a disposición de los clientes el laboratorio de Fitopatología, del cual, los productores pueden hacer uso del mismo como ayuda a la solución de sus problemas, con el asesoramiento de personal de Naturalmente Puresa. Este laboratorio pueden usarlo sin ningún costo adicional a los productos que ellos compran o pueden llevar muestras por medio de los encargados de las áreas de trabajo.

Entre las empresas con las que la empresa tiene relación se encuentran: productoras de pilones de diferentes plantas, productoras y exportadoras de hortalizas, productoras de esquejes, fincas ganaderas (en el control de chinche salivosa), fincas meloneras, fincas productoras de rosas, ornamentales en general y pequeños productores de diferentes cultivos. Pero, a pesar de ello se siguen haciendo evaluaciones en cultivos de interés, como es el caso de musáceas, palma africana, otras ornamentales, hortalizas, café, entre otros, con el fin de seguir afianzando las soluciones de problemas y las ventas de productos (1).

Para hacer la evaluación de la información primaria recabada se hace necesaria la utilización de un FODA, el cual se presenta a continuación.

**Cuadro 1. FODA aplicado a la empresa Naturalmente Puresa S.A.**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•1 Productos nuevos (biológicos y orgánicos) que no dañan el medio ambiente, con manual técnico del uso y manejo de los mismos.</li> <li>•2 Infraestructura física adecuada a las necesidades.</li> <li>•3 Laboratorio de fitopatología equipado con el equipo y materiales necesarios.</li> <li>•4 Personal conocedor de cada área de trabajo.</li> <li>•5 Se les brinda asesoría técnica a los clientes de la empresa.</li> <li>•6 Se hacen evaluaciones constantes de los productos, en diferentes cultivos.</li> <li>•7 Vehículos propiedad de la empresa.</li> <li>•8 Se cuenta con certificación orgánica, BioagriCert (en México).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•9 La empresa ni los productos no son muy conocidos.</li> <li>• 10 No existen programas diseñados para diversidad de cultivos dentro de la zona.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•1 Abarcar otras áreas o zonas de producción (con cultivos nuevos).</li> <li>•2 Hacer las evaluaciones de los productos en cultivos de importancia nacional para la solución de problemas en estos cultivos.</li> <li>•3 Vinculaciones con: organismos de financiamiento, capacitación, consultoría y apoyo agropecuario.</li> <li>•4 Coordinación y retroalimentación para fomentar, reactivar y fortalecer áreas de producción apegados a las políticas del medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•5 Las casas comerciales que fabrican y venden productos químicos ("COMPETENCIA"). "La competencia no son los otros productos biológicos u orgánicos sino los productos químicos".</li> <li>•6 Los productores desconocen de los manejos y beneficios de los productos biológicos y orgánicos para la solución de sus problemas, existe temor.</li> </ul>

## **1.6 Situaciones o problemas presentes**

Entre los problemas que existen dentro de la empresa, principalmente en investigación y desarrollo de producto, se encuentran; hacer evaluaciones de productos como el Detruire y Sopressore en el manejo de enfermedades en cultivos como lo son banano, melón, ornamentales y otros. En banano lo que se pretende hacer es, el evaluar el Detruire y el Sopressore para el control de sigatoca negra y Contenzione para el control de nemátodos, en melón, evaluar el Detruire para la sustitución de biocidas, en palma africana establecer un programa para la inoculación de plántulas en invernadero y disminuir el tiempo de siembra de las plántulas en campo abierto, además de las distintas evaluaciones de extractos vegetales en el control de insectos como lo es la mosca blanca, en plátano desarrollar programas de manejo para el control de nemátodos, entre otros.

## **1.7 CONCLUSIONES**

Entre los distintos problemas encontrados están, que no se encuentra disponible la información de las distintas evaluaciones realizadas. Otro de los problemas con que se enfrenta la empresa es que la mayoría de personas desconoce de producción orgánica y de los productos.

La estructura organizacional de la empresa es lineal simple, representada por un organigrama lineal que representa la autoridad y responsabilidad dentro de la empresa.

La situación de la empresa, tanto técnica como administrativamente se encuentra bien. La coordinación que existe en el equipo de trabajo se deja sentir, el manejo de cada área es muy evidente, lo cual ha permitido el crecimiento de la empresa en el ámbito nacional.

## **1.8 RECOMENDACIONES**

Sustentar todo el trabajo realizado en cada una de las evaluaciones realizadas para que este disponible y sea fácilmente aplicado.

Realizar capacitaciones a diferentes productores acerca de productos y producción orgánica y que contribuya a la conservación del medio ambiente mediante la aplicación de técnicas conservadoras.

## 1.9 BIBLIOGRAFIA

1. Lima, R. 2008. Situación actual de la empresa Naturalmente Puresa (comunicación personal). Zacapa, Guatemala, Naturalmente Puresa, Gerencia.
2. Naturalmente Puresa, MX. 2009. Vademecum, información técnica de los productos. Durango, México. 187 p.
3. Naturalmente Puresa, MX. 2008. Naturalmente Puresa (en línea). Guatemala. Consultado 12 ago 2008. Disponible en [www.naturalmentepuresa.com/set1.html](http://www.naturalmentepuresa.com/set1.html)
4. Unidad de Información Pública Municipal. Ubicación de Zacapa, GT. 2008. Zacapa (en línea). Guatemala. Consultado 20 jul 2008. Disponible en <http://www.inforpressca.com/zacapa/ubicacion.php>

## CAPITULO II

**“Evaluación de una alternativa orgánica para el control de los nemátodos *Radopholus similis* Cobb, *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., y *Rotylenchulus* sp., en el cultivo de plátano hawaiano (*Musa* ssp.), bajo condiciones de Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal”.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo del plátano hawaiano es poco cultivado en el territorio nacional, uno de los principales productores de dicho cultivo en el país es la empresa Servicio De Administración de Recursos S.A (SERVARESA), esta empresa posee una producción de 141 hectáreas, la finca se ubica en Entre Ríos, departamento de Izabal, aunque también se tiene operaciones en la costa sur del país. La producción va dirigida hacia mercados internacionales principalmente, sin embargo el rendimiento en la producción se ve mermado por acción de agentes bióticos y abióticos, ejemplo de ello son los nemátodos.

Entre los géneros de nemátodos fitoparásitos que atacan al plátano, se encuentran: *Radopholus similis* Cobb, *Pratylenchus* sp, *Rotilenchulus* sp y *Meloidogyne* sp, de ellos el primero es considerado como el más dañino y de una mayor distribución a nivel mundial, para el caso de musáceas.

Los nemátodos ocasionan reducción de los rendimientos, principalmente porque disminuye el tamaño de racimo o por la reducción del número de plantas por unidad de superficie, puesto que las plantas afectadas se debilitan y llegan a caerse por la escasez del sistema radicular. Las lesiones provocadas por los nemátodos fitoparásitos se convierten en vías de acceso a bacterias y hongos, que provocan la muerte del tejido radical. Esto interfiere con la translocación de agua y nutrientes por lo que la sintomatología expresada por la planta asemeja deficiencias nutricionales. Los daños causados por los nemátodos fitoparásitos en las raíces reducen el peso de los racimos, provocan el volcamiento de plantas y son el paso para otros patógenos.

La evaluación permitió ver el potencial que presenta el producto orgánico en comparación con un producto químico. El producto orgánico evaluado está formulado a partir de metabolitos secundarios de hongos nematófagos, de ingrediente activo principal, la enzima, proteasa de serina. El producto con el cual se comparó es el insecticida-nematicida Terbufos.

Por los daños que provocan los nemátodos, se han llevado a cabo medidas integrales para reducir las poblaciones de los mismos, se ha utilizado para ello tratamientos químicos los cuales representan un alto impacto hacia un sin fin de organismos vivos y el ambiente.

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La producción agrícola nacional del cultivo de plátano y banano se encuentra afectada negativamente por un sin fin de factores bióticos y abióticos, los cuales definen el rumbo de la producción, esto dado también por la intervención del ser humano, el cual es el responsable del manejo de los sistemas de producción. Uno de los factores importantes son las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos.

El cultivo del plátano es afectado por plagas y enfermedades que inciden y merman la producción tales como: el complejo de nemátodos fitoparásitos *Radopholus similis* Cobb, *Pratylenchus* sp, *Rotylenchulus* sp y *Meloidogyne* sp., entre otros, los cuales destruyen raíces de la planta. Su presencia en la zona y el aumento de la población hacen que se conviertan en una amenaza para la producción de plátano. Estos organismos han provocado pérdidas económicas debido a que los programas de manejo y control no han podido reducir su avance, el asocio de estos organismos reduce en un 30 a 80% los rendimientos en áreas severamente infestadas aumentando las pérdidas económicas (13).

En Guatemala la producción de plátano Hawaiano es limitada, se siembran alrededor de 121 hectáreas, su producción está enfocada al mercado externo, Estados Unidos principalmente, los cuales son muy exigentes en cuanto a inocuidad y restos de pesticidas.

Como se mencionó anteriormente el principal productor de dicho cultivo es la empresa SERVARESA, pero que, igualmente al banano y al plátano común, éstos se ven afectados por los nemátodos, los cuales inciden directamente en la producción (7). A pesar de esto la empresa no cuenta con alternativas de control eficiente contra los nemátodos

fitoparásitos del plátano, por lo cual se buscan alternativas económicas y ecológicas aplicables al manejo de los nemátodos en plátano.

## 2.2. MARCO TEORICO

### 2.2.1. Cultivo del plátano Hawaiano

#### A. Historia

Existen estudios que reportan el origen del plátano, fue en la península Malaya, en el continente Asiático, es conocida en el Mediterráneo desde el año 650. La especie llegó a Canarias en el siglo XV y desde allí fue llevado a América en el año 1.516. El cultivo comercial se inicia en Canarias a finales del siglo XIX y principios del siglo XX (11).

El plátano Hawaiano tiene sus orígenes en dos especies silvestres que producen semillas: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. El plátano hawaiano fue creado de acuerdo a las necesidades de tener un plátano grueso, jugoso y que se pudiera usar para la elaboración de tostones.

Las variedades son híbridos complejos (diploides, triploides y tetraploides), los que poseen una alta proporción de *M. acuminata* producen frutos dulces, mientras que los que poseen una alta proporción de *M. balbisiana* producen frutos con alto contenido de almidón (11).

La contribución relativa de *M. acuminata* y *M. balbisiana* al híbrido se indica por un número de A y B, respectivamente. Los híbridos se clasifican además por la presencia de uno o más conjuntos de cromosomas (llamado el nivel de ploidía). Por ejemplo, un híbrido AB es diploide, uno AAB es triploide y uno ABBB es tetraploide. Las variedades triploides son las más comunes, los diploides son algo menos comunes y los tetraploides son raros (11).

#### B. Clasificación taxonómica

El plátano fue descrito por primera vez por el sueco Charles Linnaeus (1,707-1,778), asignándole el nombre de *Musa paradisiaca* L.

Pero en la obra del botánico Estadounidense Arthur Cronquist publicada en 1,981, es lo más actual en cuanto a sistema de clasificación de plantas.

La clasificación taxonómica del plátano es:

Reino	<b><i>Plantae</i></b>
Sub-reino	<b><i>Embriobionta</i></b>
División	<b><i>Magnoliophyta</i></b>
Clase	<b><i>Monocotiledoneas</i></b>
Subclase	<b><i>Zingiberidae</i></b>
Orden	<b><i>Zingiberidales</i></b>
Familia	<b><i>Musácea</i></b>
Genero	<b><i>Musa</i></b>
Especie	<b><i>Musa</i></b> AAB (4,17).

### **C. Morfología**

Las plantas generalmente son hierbas perennes que se encuentran unidas o amontonadas. El sistema radical es adventicio y tallos subterráneos llamados cormos. Los tallos aéreos son altos los cuales están constituidos por agrupaciones de vainas foliares, formando un pseudotallo (17).

### **D. Sistema de Raíces**

Es adventicio, las raíces brotan casi siempre en grupos de cuatro, estas salen de la base del cilindro central del corno, estas son blancas y carnosas cuando inician. Las raíces principales tienen numerosas raicillas laterales, estas se crean además, están provistas de pelos absorbentes, los cuales se encargan de la absorción de nutrientes (17).

### **E. Hojas**

La lámina de la hoja se compone de dos mitades unidas a una vena central. La hoja termina en punta cónica, roma o redondeada. Las hojas miden de 1.5 a 4 metros de longitud y alrededor de 0.9 metros de ancho.

Una planta de plátano produce alrededor de 38 hojas (más menos 2 hojas) en toda su vida, cada hoja se forma cada 7 días en condiciones óptimas.

### **F. Inflorescencia**

La inflorescencia esta formada por un pedúnculo central con nudos, de los cuales, los primeros 5-10 nudos basales, producen las flores femeninas y en los nudos terminales se produce las flores masculinas, estas al principio se encuentran encerradas por brácteas.

La diferencia entre flores masculinas y flores femeninas se debe al tamaño del ovario que mide 4 cm. en la flor masculina y en la flor femenina mide 17 cm (17).

### **G. Frutos**

Los frutos se forman en gajos o manos, estos pueden tener hasta 25 frutos o dedos. Un racimo puede llegar a tener de 5-10 manos de frutos.

El tamaño del fruto aumenta hasta alcanzar su madurez fisiológica, esto ocurre alrededor de tres meses (60-65 días) en zonas cálidas y más en zonas templadas, dependiendo de la variedad. Los racimos se cosechan cuando los plátanos están hinchados pero antes de que comiencen a tornarse amarillos (17).



**Figura 2. Racimo de plátano Hawaiano.**

Según, Ortiz C. el cultivo de plátano hawaiano, en Guatemala, no se encuentra bien difundido, Serveresa es la única empresa en el país que se dedica al cultivo de plátano Hawaiano, menciona que la producción del mismo es variable, principalmente por el cambio de las condiciones ambientales como lo son, fotoperíodo, temperatura, precipitación, entre otros, por lo que las épocas de cosecha varían de acuerdo a las variaciones de estos factores (18).



Figura 3: Plantación de plátano Hawaiano en la cual se puede apreciar su morfología.

### 2.2.2 Enfermedades por Nemátodos

En la zona se han encontrado cinco tipos diferentes de nemátodos atacando raíces y rizomas en banano y plátano de exportación. Ellos son: *Radopholus similis* Cobb, *Helycotylenchus multicinctus*, *Pratylenchus coffeae*, *Meloidogyne* sp, y *Rotylenchus* sp. (11). De éstos el más importante es el *R. similis* Cobb, según Agrios, no sólo por su dinámica poblacional sino por el tipo de daño que causa en las raíces y el cormo (el tallo verdadero, capaz de dar origen a nuevas plantas) (1,21).

### **2.2.3 Nemátodos**

El Phylum nemátoda está agrupada en dos grandes clases: Clase Adenophorea (Aphasmida), contempla 12 órdenes; La Clase Secernentea (Phasmida), compuesta por ocho ordenes. Los nemátodos fitopatógenos se encuentran agrupados en su mayoría en la Clase Secernentea (12).

#### **2.2.3.1 Ecología**

Los nemátodos son los animales multicelulares más numerosos que actualmente viven en la tierra. Existen libres en el mar, suelos húmedos y aguas continentales, siempre en sitios con algún grado de humedad, especialmente en hábitats en los que hay una intensa descomposición de materia orgánica. También incluyen a numerosos e importantes endoparásitos de plantas o de animales. La población del suelo decrece rápidamente a mayor profundidad y el número de individuos es mayor junto a las raíces de las plantas.

Unas 20.000 especies descritas (aunque se supone que existen muchas más), dioicas; marinas, dulceacuícolas y terrestres. Hay formas parásitas. La alimentación es muy variable. 0,5 mm – 1 m de longitud. Carecen de coloración (12).

#### **2.2.3.2 Ciclo de vida**

El ciclo de vida de la mayoría de los nemátodos fitoparásitos es muy simple y directo. Usualmente puede estar dividido en distintos estadíos: el estado de huevo, cuatro estados larvales y un estado adulto.

Aun estando en el cascarón del huevo (primer estado juvenil) la larva pasa por su primera muda, entonces emerge como larva de segundo estadío; en ciertas especies, este segundo estadío es conocido como parásito o estado infeccioso. La muda involucra un cambio de la cutícula vieja seguido de una cutícula nueva (1,6).

### **2.2.3.3 Estructura Del Cuerpo**

#### **A. Cutícula**

Es muy compleja, con tres capas: cortical, mediana y basal. Está formada por fibras de colágeno entrecruzadas. Es flexible y funciona como antagonista de la musculatura longitudinal (6).

#### **B. Epidermis**

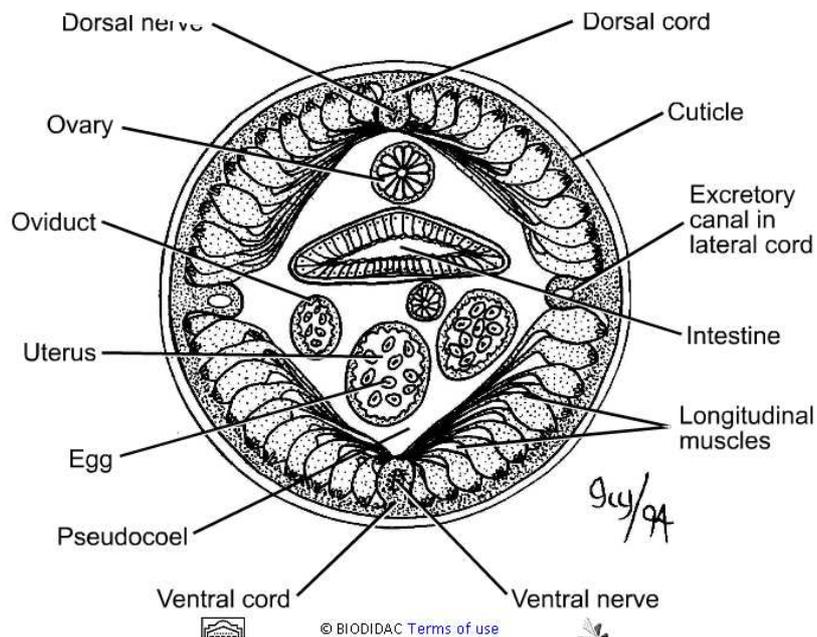
Presenta cuatro invaginaciones longitudinales (campos o cordones hipodérmicos): dorsal, ventral y dos laterales en los que se localizan los núcleos del sincitio y los cordones nerviosos longitudinales. Los cordones laterales portan los conductos excretores (6).

#### **C. Musculatura**

Presentan cuatro cordones longitudinales. No presentan musculatura circular. Las células musculares emiten prolongaciones hacia los cordones nerviosos ventral y dorsal (6).

#### **D. Pseudoceloma**

La cavidad del cuerpo entre la capa de músculos somáticos, el intestino y las gónadas se conoce como cavidad celómica, la cavidad no está enteramente revestida de mesodermo y no es celoma verdadero, por lo que recibe el nombre de pseudoceloma. Está relleno de líquido sometido a una alta presión hidrostática; funciona como un órgano hidrostático conocido como hemolinfa, la cual proporciona al nematodo un sistema de turgencia y le ayuda a mantener la posición de los órganos internos (7,13).



**Figura 4. Corte transversal que muestra diferentes órganos así como el Pseudocoeloma.**  
 Fuente: <http://comenius.susqu.edu/bi/202/Animals/terms/pseudocoelom.htm>

#### 2.2.3.4 Sistema Nervioso

El sistema nervioso de los nematodos es muy complicado, consta de tres partes importantes:

- Sistema nervioso central: actúa como centro del sistema en el que se conectan ganglios y nervios que corren longitudinalmente por el cuerpo.
- Sistema nervioso simpático: solo se sabe que esta compuesto por una serie de nervios y ganglios que abastecen principalmente las vísceras y glándulas del nematodo.
- Sistema nervioso periférico: se compone de una serie de nervios longitudinales y transversales asociados con la parte externa de la hipodermis. Esta red de nervioso coordina los impulsos entre ciertos órganos sensoriales y el sistema nervioso central (6).

### 2.2.3.5 Órganos Sensoriales

Papilas: sensoriales (mecanorreceptores).

Ocelos: (fotorreceptores): En especies acuáticas, hay un par a los lados de la faringe. Tienen una lente cuticular y una copa pigmentada.

Anfidios: Se presentan en la porción anterior de especies de vida libre. Son excavaciones de la cutícula (presumiblemente quimiorreceptores) provistas de una glándula y de terminaciones nerviosas.

Fasmidios: Suelen presentarse en especies parásitas, en su porción posterior. Parecen ser la salida de glándulas subcaudales. Son órganos glandulares sensoriales (6).

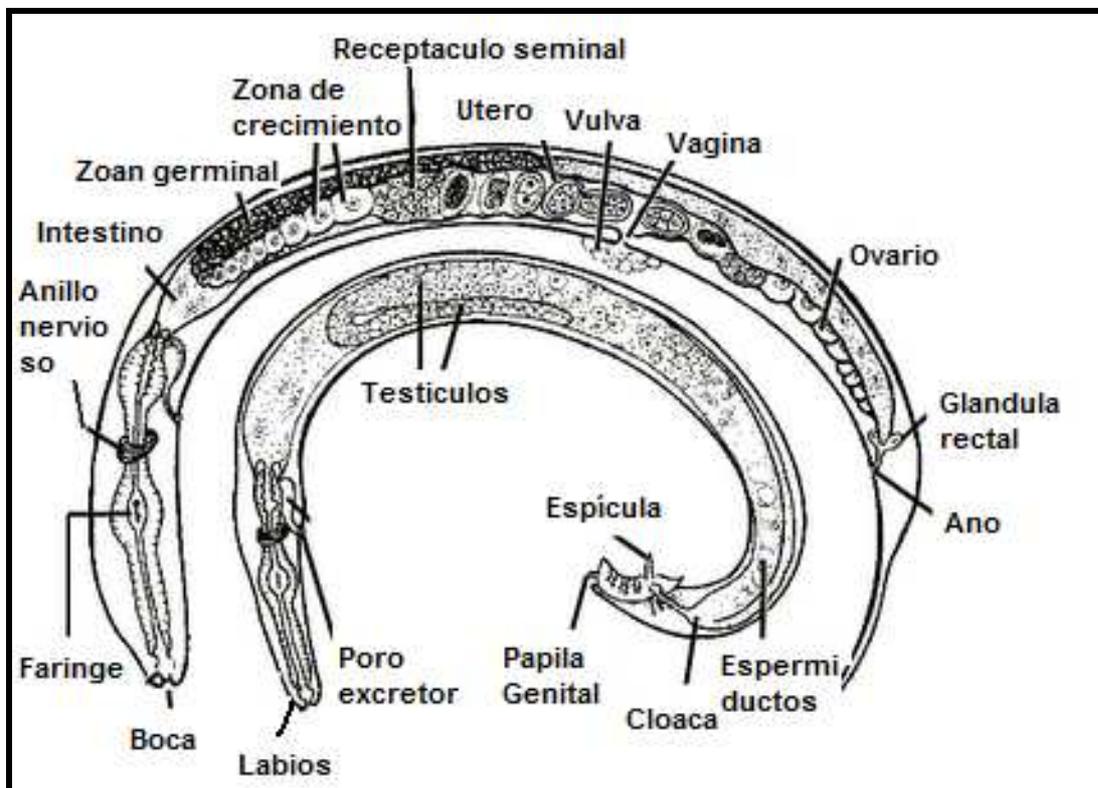


Figura 5. Diferentes vistas de nematodos macho y hembra mostrando su estructura.  
Fuente: Moreno A. (15)

### **2.2.3.6 Sistema Digestivo**

El sistema digestivo de los nematodos se encuentra dividido en tres grandes regiones que son:

#### **A. Estomodeo**

Esta región comprende el estoma o boca, la cavidad bucal, la glándula dorsal esofágica, el estilete, el esófago, el tubo esofágico, el bulbo medio, la válvula cardiaca y el bulbo basal.

El estilete: todos los nemátodos fitoparásitos poseen un estilete con el que perforan y se alimentan de las células de su hospedero. El estilete puede ser de dos tipos generales: estomatoestilete, presente en el grupo Secernentea, y odontoestilete característico del grupo Adenophorea. El estomatoestilete se compone de tres partes: la punta o parte cónica anterior, el astil o parte media y las tres protuberancias o ensanchamientos basales. El odontoestilete esta formado por una parte anterior que se desarrolla de una célula en el esófago, el astil y unas molduras redondeadas conocidas como rebordes o flanges (6).

El bulbo medio: forma parte del esófago y este a su vez forma parte del sistema digestivo. En algunos nemátodos, las partes media y posterior del esófago están ensanchadas por formas musculares bulbosas, en otros solo hay un bulbo y en algunos más no tienen ninguno. La morfología del esófago es muy diversa a causa de la variedad de forma (presencia de bulbos), muscularidad (partes glandulares y sin glándulas), número de glándulas y localización de sus orificios y disposición y tipo de válvula (6).

#### **B. Mesenterón**

El intestino o mesenterón es la parte media del sistema digestivo, se divide en tres regiones: la anterior que es ventricular y puede presentar ciegos, la media y la posterior o prerrectal; estas regiones difieren en la forma del lumen, la altura y el contenido de las células y posiblemente en su función (6).

### **C. Proctodeo**

El proctodeo esta constituido de las siguientes partes:

Válvula recto-intestinal: une la terminación del intestino con el recto.

Recto: es un tubo achatado dorsoventralmente y revestido de cutícula. En el macho, el recto es mucho más corto que en la hembra, y se une con el sistema reproductivo para formar la cloaca. En ambos casos, el sistema digestivo abre en su terminación por el ano (1).

#### **2.2.3.7 Sistema Excretor**

La función excretora de este sistema no ha sido claramente definida en gran parte por falta de investigaciones, ya que es difícil obtener fluidos de poros excretorios.

En general, se acepta que la función principal del sistema excretor de los nematodos es la eliminación de agua, enzimas, sustancias inmunológicas y hasta tintes previamente infectados.

#### **2.2.3.8 Sistema Reproductor**

Por lo general, los nemátodos presentan formas heterosexuales en las que el macho es más pequeño que la hembra. La reproducción en la mayoría de los nemátodos parásitos de plantas y especies del suelo es bisexual. Especies en las que las hembras y machos aparecen aproximadamente en cantidades iguales, la reproducción se realiza por anfimixis o fertilización cruzada. En algunas especies, la cantidad de machos que aparecen es pequeña, en tal caso la reproducción es por la llamada partenogénesis, en la que no participan machos (6).

El dimorfismo sexual se puede presentar en forma dioica, en la que las hembras se desarrollan mucho más que los machos, presentan la cola mucho mas grade y enroscada, que frecuentemente posee características morfológicas externas asociadas con bursa, alulas y papilas (6).

### **2.2.3.9 Tipos de Reproducción**

#### **A. Hermafroditismo**

Se ha observado este tipo de reproducción en varios géneros de nemátodos. Muchas especies hermafroditas son protandicas, o sea, primero sus gónadas funcionan como testículos produciendo espermatozoide y después funcionan como ovarios dando lugar al origen de ovocitos o huevos que son fertilizados por los espermatozoides producidos (automixis) (6).

#### **B. Partenogénesis**

Es poco común en nemátodos fitoparásitos, siendo más conocida en *Meloidogyne*, específicamente la especie *javanica*. La mayor información de este tipo de reproducción se obtiene en condiciones de laboratorio (6).

#### **C. Espermatogenesis**

La división espermatogamial ocurre en la zona germinal de la testis, hay un fenómeno de maduración y sinapsis de espermatozoides en la zona de crecimiento de la testis (6).

#### **D. Gametogénesis**

La formación de células está muy ligado al proceso de meiosis y fertilización. Las células germinales de nemátodos se diferencian durante los primeros movimientos (6).

#### **E. Citocinesis**

Es un proceso de arrugamiento causado por un diferencial de la tensión de la superficie. Este fenómeno parece depender del cambio de permeabilidad de la membrana celular y así mismo está correlacionado con la carioquinesis del medio acromático.

## **F. Formación de quistes**

Una de las principales variantes en la reproducción de nemátodos es la formación de sacos almacenadores de huevecillos o quistes, este tipo de nemátodos enquistados son de importancia económica, ya que son difíciles de combatir químicamente (6).

### **2.2.4 Clasificación de nemátodos según su hábito**

#### **2.2.4.1 Ectoparásitos**

Son los nemátodos que se encuentran fuera de la raíz de la planta o ligeramente introducidos, como ejemplos de este tipo de nemátodos tenemos: *Trichodorus*, *Xiphinema*, etc.

#### **2.2.4.2 Endoparásito**

Son los nemátodos que se introducen completamente dentro de los tejidos de la planta o solo introducen una parte de su cuerpo. Dentro de esta clasificación se encuentran otros dos tipos según el movimiento dentro del tejido de la planta, entre ellos se encuentran: *Meloidogyne* sp., *Globodera* sp.

#### **2.2.4.3 Endoparásito migratorio**

Nemátodos los cuales se mueven dentro del tejido de la planta, al irse moviendo de un lado a otro el nemátodo va causando perjuicio a la parte por donde se mueve. Dentro de este tipo de nemátodos tenemos como ejemplo a *Radophulus similis*, *Pratylenchus* ssp., etc.

#### **2.2.4.4 Endoparásito sedentario**

Nemátodos los cuales tienen su cuerpo total o parcialmente dentro del tejido de la planta y no presentan movimiento. Nemátodos de este tipo son formadores de agallas y nódulos

generalmente, ejemplo de este tipo de nemátodos tenemos: *Meloidogyne ssp.*, *Globodera ssp.*, *Heterodera sspp.*, entre otros (2).

#### 2.2.4.5 Semiendoparásito

Este tipo de nemátodos poseen parte de su cuerpo dentro de la raíz y parte de su cuerpo fuera de ella. Ejemplo de este tipo de hábito de nemátodos tenemos *Tylenchulus sp.*

#### 2.2.5 Muestreo de nematodos en plátano y banano

La toma de muestras de suelo y raíces en el cultivo de plátano se realiza de la siguiente manera: a un pie de distancia de la planta se hace un agujero de mas o menos un pie cúbico del cual se toma el suelo y raíces que se encuentre en el agujero, esta debe de tomarse en dirección del hijo de cultivo. Se recomienda realizar toma de unas 10 submuestras por hectárea y luego homogenizarlas y de esta mezcla tomar una solo muestra que sea representativa del área (de mas o menos 400 gr. de suelo).



Figura 6. Forma de cómo se debe de muestrear nematodos en el cultivo de plátano.

## 2.2.6 Nemátodos Del Plátano

Los nemátodos fitopatógenos asociados a cultivos juegan un papel muy importante en la destrucción de raíces; entre los asociados al cultivo de plátano y de mayor importancia están *Radopholus similis* Cobb, nemátodo barrenador; *Pratylenchus* ssp.; *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, nemátodo arriñonado o en forma de riñón y *Meloidogyne* spp., (5).



Figura 7. Lesiones causadas por nemátodos en raíces de plátano/banano.  
Fuente: <http://www.turipana.org.co/nematodos.htm>

### 2.2.6.1 Nematodo barrenador (*Radopholus similis* Cobb)

Especie de nemátodo, conocida como “nemátodo barrenador”, es de movimiento lento, su principal medio de disseminación sigue siendo el material de propagación que se encuentra infestado, el agua de riego, el caminamiento de los operarios y otros (5).

#### A. Clasificación Taxonómica

Reino: ***Animalia***  
 Filo: ***Nematoda***  
 Clase: ***Secernentea***  
 Subclase: ***Diplogasteria***  
 Orden: ***Tylenchida***  
 Familia: ***Pratylenchidae***  
 Género: ***Radopholus***  
 Especie: ***R. similis* Cobb (15,22).**

## B. Ciclo de Vida

Las hembras depositan de tres a cinco huevos por día, por alrededor de dos semanas, dentro de la raíz. Estos huevos pasan por un período de incubación de 7-8 días. En la fase de larva, la cual dura de 10-13 días, el nemátodo emigra dentro de la raíz hacia otras raíces (6).

*R. similis* Cobb es un nemátodo endoparásito migratorio que completa su ciclo de vida en 20-25 días en los tejidos de la raíz y el rizoma. Las hembras juveniles y adultas tienen formas móviles que pueden dejar la raíz en casos de condiciones adversas. Los estadios migratorios en el suelo pueden fácilmente invadir raíces sanas. Esta especie tiene un dimorfismo sexual pronunciado, los machos tienen un estilete atrofiado y se consideran no-parasíticos (5,6).

Varios factores pueden estar relacionados con la fluctuación temporal del nemátodo en el agroecosistema del banano. Entre los factores de mayor importancia que influyen en la dinámica poblacional del nemátodo se encuentra el tipo de suelo, la precipitación, el vigor de los diferentes clones de banano, el sistema radical y la fisiología de la planta (9).

*R. similis* Cobb tiene la capacidad de sobrevivir en suelos que mantengan raíces, rizomas y plantas voluntarias infectadas con el nemátodo. La mayoría de las veces, la ineficacia en la remoción de residuos infectados, constituye una de las principales causas de reinfestación en el establecimiento de nuevas siembras. En suelos desnudos (en ausencia de plantas hospederas), se ha demostrado que el nemátodo no puede sobrevivir por más de 6 meses. (5,6)

Los nemátodos barrenadores tienen la capacidad de sobrevivir a las adversidades y esto se debe a tres factores:

- a. Una extensiva línea de hospederos

- b. Un corto ciclo de vida, que permite una rápida reproducción durante períodos favorables.
- c. La capacidad de las hembras de reproducirse por una o dos generaciones sin machos (6).

### **C. Daños**

Las infecciones comienzan hacia las puntas de las raíces, como pequeñas lesiones de coloración café-rojiza, las larvas se alimentan llegando hasta el centro de la raíz, en las cuales forman túneles. Es infectivo el segundo estado juvenil y la hembra, el macho tiene degenerado el aparato bucal.

Cuando la infección es severa y el nemátodo ha destruido el sistema radicular, las lesiones siguen hacia el cormo. Esto da como resultado que se tenga un sistema radicular escaso, producción de fruta pequeña, y raquitismo en las plantas.

Al migrar ínter e intracelularmente, se alimenta del citoplasma y células del parénquima cortical, destruyendo paredes celulares y causando cavidades y túneles que se necrosan y pueden extenderse a toda la región parenquimática (9,10).

*R. similis* Cobb no daña el cilindro vascular aunque ocasionalmente puede penetrar estos tejidos. Puede existir hasta 8,000 nemátodos en una sola lesión y una sola planta puede sufrir el ataque de cientos de miles de ellos (15).

En estudios anteriores, realizado por Pérez (1,975), sobre el orden de importancia del nemátodo en la zona productora de Izabal, indica que el nemátodo de mayor importancia económica es el *Radophulus similis* Cobb, así mismo indica que el medio de mayor desimanación del nemátodo lo constituye el material de empleado en la siembra (18).

### **D. Nivel Crítico**

*R. similis* Cobb es uno de los pocos nemátodos de los cuales los investigadores han dado los niveles crítico, por ejemplo para el área de Centro América, una densidad de nemátodos de 10,000 especímenes por 100 gr. de suelo se considera dañina (9).

### 2.2.6.2 Nemátodo de la lesión (*Pratylenchus* spp.)

Estos son llamados comúnmente Nemátodos de “La Lesión Radical” (*Pratylenchus* spp). Estos nemátodos son endoparásitos migratorios. Poblaciones altas causan lesiones necróticas de color marrón oscuro en el tejido cortical de la raíz. Las lesiones necróticas son sitios excelentes para la invasión de otros patógenos incluyendo *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., y *Verticillium* spp (12).

#### A. Clasificación Taxonómica

Reino: ***Animalia***  
Filo: ***Nematoda***  
Clase: ***Secernentea***  
Subclase: ***Diplogasteria***  
Orden: ***Tylenchida***  
Familia: ***Pratylenchidae***  
Género: ***Pratylenchus***  
Especie: ***Pratylenchus* sp. (22).**

#### B. Características

Son nemátodos pequeños, los adultos generalmente miden menos de 1 milímetro de longitud. Región ventral aplanada, con 2, 3 o 4 piezas anulares principales, estilete de 20 um o menos, el esófago con un bulbo mediano bien desarrollado, los lóbulos posteriores de la glándula traslapa el intestino ventral, la hembra con la vulva posterior. La vulva de las hembras adultas está en el tercio de la parte posterior del cuerpo.

#### D. Ciclo de vida

Su ciclo de vida de huevo a huevo es cercano a los 27 días a una temperatura que oscile entre 25 y 30°C pero este puede variar dependiendo de las condiciones del ambiente, prolongándose hasta unos 40 días y sobrevive en el suelo hasta seis meses en barbecho (1).

### **E. Daños:**

Las plantas que son atacadas por el nemátodo lesionador muestran achaparramiento y clorosis. La producción de las plantas afectadas disminuye y si la infección es severa, la planta muere. Es infectivo el segundo estado juvenil, la hembra y el macho.

En las raíces produce una lesión roja al penetrar la corteza de la raíz y en lesiones más viejas se tornan necróticas, negras o púrpura en el tejido epidermal y cortical, a menudo con ruptura de las raíces, permitiendo la invasión de otros microorganismos. El rizoma en su parte más externa también es invadido, observándose áreas necróticas que posteriormente mueren (1,5).

El material infectado sirve como medio de disseminación. El nemátodo es más común en plátano que bananos (Wehunt y Edwards, 1968 citados por Román, 1978, Gowen y Quénéhervé, 1990) (5,6).

#### **2.2.6.3 Nemátodo modulador (*Meloidogyne ssp*)**

Llamado nemátodo del nudo de la raíz o modulador, este se encuentra en todas las regiones del mundo. Se alimenta de la parte interna de las raíces. Los síntomas primarios son hinchamientos y agallas en las raíces primarias y menor cantidad de raíces secundarias y terciarias, produciendo síntomas secundarios como amarillamiento en las partes aéreas de la planta, hojas más angostas, detención del crecimiento de la planta y menor producción. Estos nemátodos tienen un amplio rango de hospedantes, especialmente plantas dicotiledóneas, que a menudo se encuentran en las áreas donde se cultivan Musáceas (6,8).

## A. Clasificación Taxonómica

Reino: ***Animalia***  
Filo: ***Nematoda***  
Clase: ***Secernentea***  
Subclase: ***Diplogasteria***  
Orden: ***Tylenchida***  
Familia: ***Heteroderidae***  
Genero: ***Meloydogine***  
Especie: ***Meloydogine ssp.*** (8,22)

## B. Descripción

Los machos de este género son vermiformes y miden aproximadamente de 1.2 a 1.5 mm de largo por 30 a 36 mm de diámetro, las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.4 a 1.3 mm de largo por 0.27 a 0.75. Cada hembra deposita aproximadamente 500 huevecillos en una sustancia gelatinosa que ella misma produce (5).

## C. Ciclo de Vida

El ciclo de vida del nemátodo concluye a los 25 días generalmente a una temperatura promedio de 27 °C. Su capacidad de movimiento por si misma es limitada pero se pueden dispersar por el agua o tierra que se adhiere a equipo agrícola, así como material de propagación infestado (5,6).

#### 2.2.6.4 *Rotylenchulus* spp.

La especie *Rotylenchulus* reniforme afecta la parte aérea como subterránea incluyendo: hojas, tallos, raíces, tubérculos y rizomas, pero no parasita el cormo. Los daños en raíces se manifiestan por necrosis, engrosamiento, formación de agallas o pústulas, rajaduras, caída de las plantas y de forma general, los cultivos tienden a manifestar síntomas de marchites, raquitismo, defoliación prematura, falta de nutrientes e inclusive en ocasiones la muerte (19).

#### A. Clasificación Taxonómica

Reino: ***Animalia***  
Filo: ***Nematoda***  
Clase: ***Secernentea***  
Subclase: ***Diplogasteria***  
Orden: ***Tylenchida***  
Familia: ***Hoplolaimidae***  
Genero: ***Rotylenchus***  
Especie: ***Rotylenchus* sp** (22).

## **2.3 MARCO REFERENCIAL**

### **2.3.1 Lugar donde se realizó la Investigación**

La investigación se llevó a cabo en SERVARESA Norte 1, esta es la empresa que se dedica a la producción del plátano Hawaiano.

La finca productiva se encuentra ubicada en Campo Verde, Entre Ríos Izabal, Km. 290.5 en la ruta que conduce a Honduras. Esta empresa cuenta con una extensión de 121.45 ha, las cuales dedica a la producción de dicho cultivo (18,19).

### **2.3.2. Suelos**

Según Simmons et al (20), los suelos que predominan en la zona corresponden a la serie Inca. Estos suelos son aluviales profundos, presentan mal drenaje, por lo que es necesario que se realicen drenajes artificiales, estos suelos están desarrollados en un clima cálido y húmedo. Presentan planicies a bajas elevaciones, con texturas que varían de franco arcillo-arenoso, el pH oscila entre 5.5 y 7.

### **2.3.3. Zona de vida**

Según de De la Cruz, la zona donde se encuentra la finca se localiza dentro del bosque muy húmedo tropical, representado por las letras bmh-T.

### **2.3.4. Clima**

El clima de la zona es cálido con temperaturas mínimas de 23 y máximas de hasta 38 grados Centígrados, la estación seca no se encuentra bien definida ya que ocurren eventos de precipitación en todo el año. La clasificación según Thornthwait es A'a'Ar'. La precipitación media anual de la zona oscila alrededor de los 4,000 mm y con una humedad relativa entre 80 y 90%.

### 2.3.5 Plantación

La edad de la plantación es de cinco años. El sistema de siembra es el llamado surco medio el cual consiste en: el primer surco a distancia de 4 metros entre planta, luego el siguiente surco (4 metros del distancia entre el primero), la planta se siembra a la mitad del inicio del primero, el tercer surco se siembra siguiendo la misma forma del primero de forma que cuadren y así sucesivamente en cada uno de los surcos siguientes. Las distancias de siembra son de 4 \* 4 metros.

### 2.3.6 Productos a evaluar

#### 2.3.6.1 Producto orgánico

Formulado a partir de enzimas y otros metabolitos secundarios de hongos nematófagos. Entre los hongos nematófagos que se utilizan para la elaboración del producto se encuentran *Monacrosporium megalosporum*, *Arthrobotrys oligospora* y *Dactyllina varietas* los cuales son hongos que atrapan nemátodos. El producto es obtenido a través de fermentación biológica controlada, para ello se utiliza una suspensión de hongos nematófagos (16).

#### A. Tipo de Producto:

Nematicida de origen biológico.

#### B. Composición porcentual

Cuadro 2: Composición porcentual de Nematicida orgánico.

Ingrediente Activo	%
Enzimas de hongos nematófagos (Proteasa de serina)	20
Inertes	80
Total	100

### **C. Ingrediente activo (i.a.)**

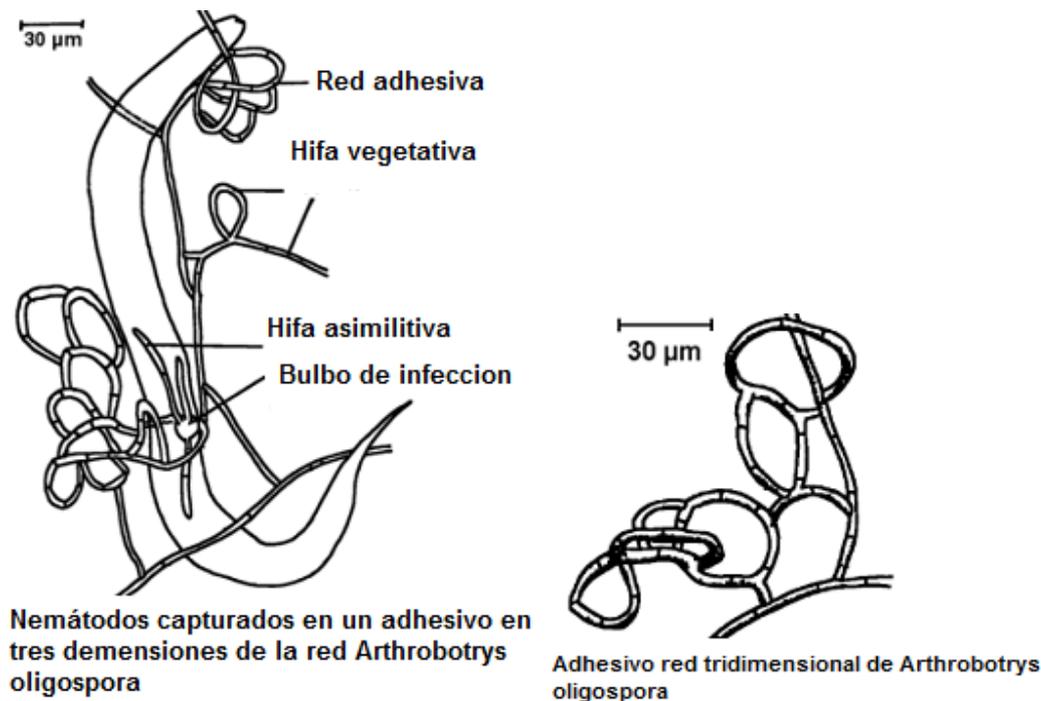
**Enzima extracelular proteasa de serina**, la cual ha sido purificada de hongos nematófagos. Esta enzima puede degradar sustratos como caseína, gelatina, suero de bovino, albúmina, colágeno y cutícula de nemátodos (14).

Las serín proteasas son hidrolasas que degradan enlaces peptídicos de péptidos y proteínas y que poseen en su centro activo un aminoácido de serina esencial para la catálisis enzimática. Incluye a la tripsina, quimotripsina, subtilisina y otras. No existe actualmente mucha información acerca de su uso en el control de nemátodos fitoparásitos.

Cuando se da la interacción nemátodo – planta, la planta responde formando moléculas que las ayuden en su defensa, estas incluyen péptidos, proteínas, lipopolisacaridos, *B*-glucan, quitina y ergosterol (14,16).

#### **2.3.6.2 HONGOS NEMATOFAGOS**

Los hongos nematófagos son microorganismos que habitan la rizoosfera de la planta y materia orgánica del suelo en diferentes hábitats y de diferentes sustratos, por ejemplo, de compost, la descomposición de la madera y los excrementos de animales. Las funciones o mecanismos de cómo los hongos atacan nemátodos se da de diferentes formas. Una de las formas de cómo ocurre esto es por medio de estructuras modificadas que poseen los hongos en su micelio el cual esta compuesto de un anillo por el cual atrapan a los nemátodos, el hongo penetra la cutícula del nemátodo y crece dentro del cuerpo dirigiendo sus contenidos para la alimentación del hongo, este proceso de digestión se realiza principalmente por acciones enzimáticas, entre ellas la proteasa (14).



**Figura 8. Red estructural de *Arthrobotrys oligospora* atrapa nemátodos, luego inicia el proceso enzimático de digestión. Fuente:**

<http://www.biological-research.com/philip-jacobs%2520BRIC/ar-olig.htm&ei=VqfGSeb8FMzqtqfs37nJCq&sa=X&io=translate&resnum=1&ct=result&prev=/serch%3Fq%3DArthrobotrys%2Boliqospora%26hl%3Des%26rlz%3D1T4GGLJesGT311GT265>

Dowe, 1987, consultado por Jabcos, menciona, "Hasta ahora sabemos de más de 160 especies de hongos que viven en nemátodos de forma parcial o totalmente. Los hongos se encuentran en casi todas las formas naturales del suelo y adicionalmente en una serie de otros sustratos. Desempeñan un papel importante como antagonistas de nemátodos. Por lo tanto hay un gran interés en la investigación de las posibilidades de uso en fitosanitarios biológicos (14).

Menciona que *Arthrobotrys oligospora* es de los hongos más frecuentes, más extendidos y mejor investigados hasta ahora en lo que refiere a especies de hongos nematófagos. El hongo se ha aislado a partir de muchos y diferentes sustratos, por ejemplo, de compost, la descomposición de la madera y los excrementos de animales (14).

#### **A. Nemátodos-hongos captura (depredadores, predaceous hongos)**

Son los hongos que llamamos así porque desarrollan su micelio predominantemente fuera de su presa, lo que significa que también son capaces de vivir como saprófitos, las

trampas con que atrapan a sus presas es en estado vegetativo del hongo (hifas), especiales o en trampas. Esto significa que sólo las fases móviles de nemátodos se capturan.

Los depredadores se dividen en varios grupos en relación con los mecanismos de captura, a excepción de algunas especies que son capaces de desarrollar sustancia adhesiva en cualquier parte de su micelio, los hongos predadores pueden desarrollar trampas especiales como: adhesivos tridimensionales redes, adhesivo columnar ramas, perillas adhesivo, anillos restrictivos y anillos no restrictivos.

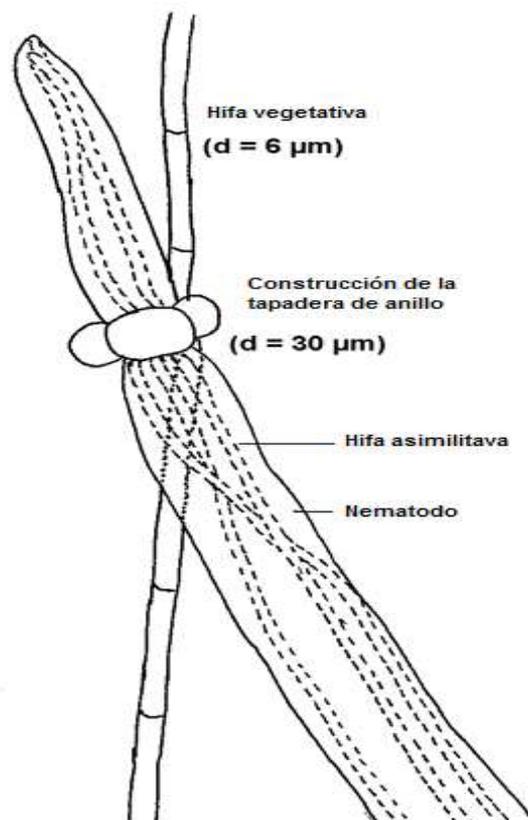


Figura 9. Estructura de anillo de un hongo nematofago predador.  
Fuente: [www.maikelnai.es/.../12/nematodo\\_enlazado.jpg](http://www.maikelnai.es/.../12/nematodo_enlazado.jpg)

### 2.3.6.3 Producto Químico

El producto con el cual se comparará el producto orgánico será el producto químico Terbufos a una dosis de 15 gramos por mata de plátano.

**A. Tipo de Producto:**

Insecticida nematicida granulado

**B. Composición Porcentual:****Ingrediente activo:**

Terbufos: S-[[1, 1-dimetil etil)tio] metil) O,

O-dietil fosforoditioato

No menos de:..... 15.00%

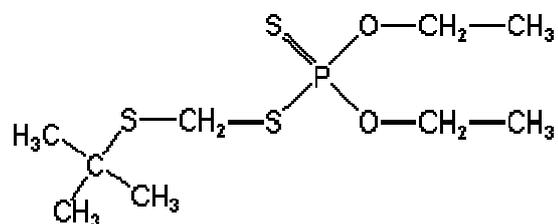
(Equivalente a 150 g I.A./kg)

**Ingredientes inertes:**

Complejo de celulosa

No más de:..... 85.00%

Total:..... 100.00%

**C. Formula química:**C<sub>9</sub>H<sub>21</sub>O<sub>2</sub>PS<sub>3</sub>**D. Clasificación:** Organofosforado**E. Estructura química:****Figura 10. Estructura química de Terbufos.**Fuente: [www.alanwood.net/.../structures/terbufos.gif](http://www.alanwood.net/.../structures/terbufos.gif)

### 2.3.6.4 Antecedentes de la finca

Los siguientes cuadros muestran el historial de toda la finca en el mismo año de realizada la evaluación. El campo donde se llevó a cabo la investigación corresponde al cable 1/22, 23, 24, 5 dentro de los siguientes cuadros.

Cuadro 3. Nemátodos encontrados en muestras de suelo.

<b>Nemátodos encontrados en 300 cc de suelo.</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Agente patógeno</b>	<b>Población</b>
<b>1/1,2,3,4A, 4B</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	170 individuos/300cc suelo
	<i>Meloidogyne</i> sp.	760 individuos/300cc suelo
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	60 individuos/300cc suelo
<b>1/22,23,24,5</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	430 individuos/300cc suelo
	<i>Meloidogyne</i> sp.	3610 individuos/300cc suelo
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	60 individuos/300cc suelo
<b>2/18,19,20</b>	<i>Pratylenchus</i> ssp.	50 individuos/300cc suelo
	<i>Meloidogyne</i> sp.	580 individuos/300cc suelo
	<i>Radophulus</i> sp.	30 individuos/300cc suelo
<b>2/21,6,7</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	10 individuos/300cc suelo
	<i>Meloidogyne</i> sp.	460 individuos/300cc suelo
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	100 individuos/300cc suelo
<b>3/11,12,13,14</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	100 individuos/300cc suelo
	<i>Meloidogyne</i> sp.	940 individuos/300cc suelo
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	60 individuos/300cc suelo
<b>3/15,16,17</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	100 individuos/300cc suelo
	<i>Meloidogyne</i> sp.	670 individuos/300cc suelo
	<i>Radophulus</i> sp.	20 individuos/300cc suelo
	<i>Criconemoides</i> sp.	10 individuos/300cc suelo

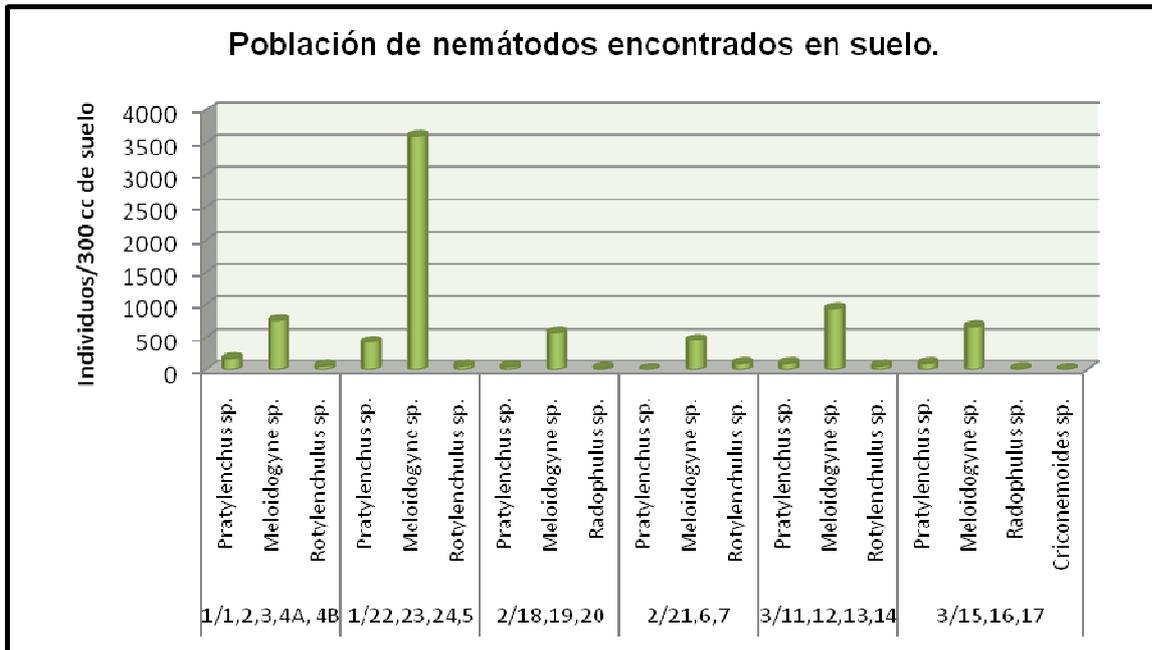
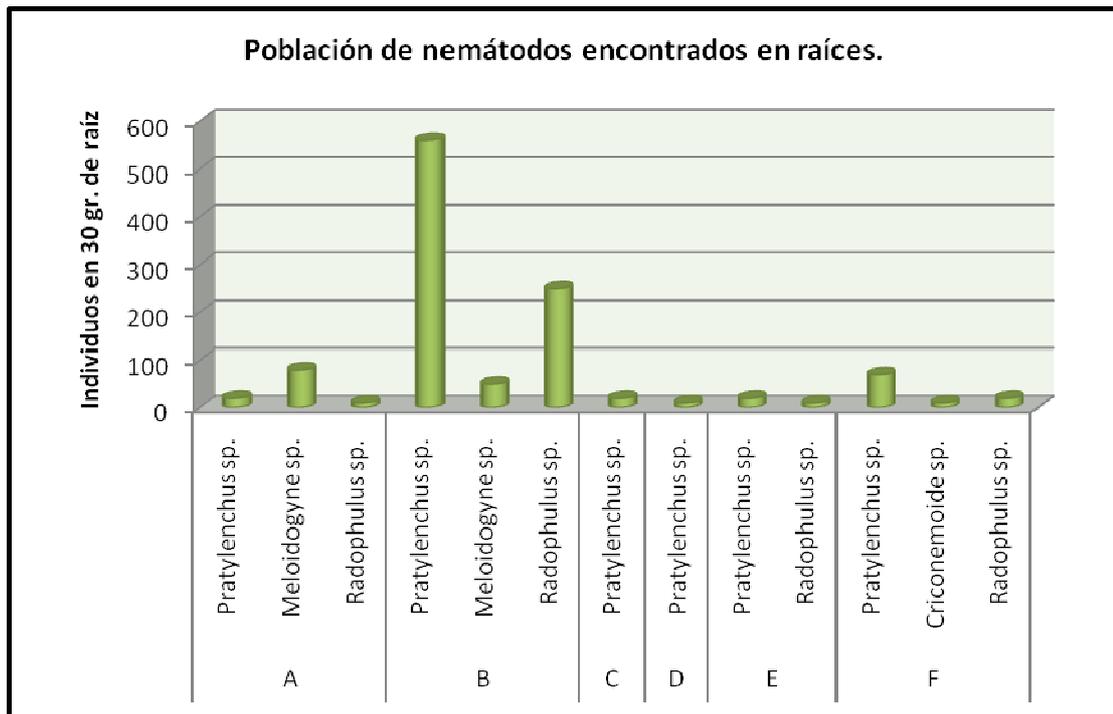


Figura 11. Comportamiento de nemátodos fitoparásitos en suelo.

La muestra que mayor cantidad de nemátodos presentó fue la correspondiente a la B que corresponde al cable 1/22,23,24,5. El género *Meloidogyne* sp. se encontraba en mayor cantidad tal y como lo muestra la figura 11.

Cuadro 4. Nemátodos encontrados en raíz de plátano.

Nemátodos encontrados en 30 gramos de raíz		
Muestra	Agente patógeno	Población
1/1,2,3,4A, 4B	<i>Pratylenchus</i> sp.	20 individuos/30 gr. de raíces
	<i>Meloidogyne</i> sp.	80 individuos/30 gr. de raíces
	<i>Radophulus</i> sp.	10 individuos/30 gr de raíces
1/22,23,24,5	<i>Pratylenchus</i> sp.	560 individuos/30 gr de raíces
	<i>Meloidogyne</i> sp.	50 individuos/30 gr de raíces
	<i>Radophulus</i> sp.	250 individuos/30 gr de raíces
2/18,19,20	<i>Pratylenchus</i> sp.	20 individuos/30 gr de raíces
2/21,6,7	<i>Pratylenchus</i> sp.	10 individuos/30 gr de raíces
3/11,12,13,14	<i>Pratylenchus</i> sp.	20 individuos/30 gr de raíces
	<i>Radophulus</i> sp.	10 individuos/30 gr de raíces
3/15,16,17	<i>Pratylenchus</i> sp.	70 individuos/30 gr de raíces
	<i>Criconemoides</i> sp.	10 individuos/30 gr. de raíces
	<i>Radophulus</i> sp.	20 individuos/30 gr de raíces



**Figura 12. Comportamiento de nemátodos encontrados en raíz de plátano.**

Las gráficas 11 y 12 muestran que la muestra con mayor cantidad de nemátodos fitoparásitos es la muestra B o que corresponde al cable 1/22,23,24, y 5, para el caso de nemátodos encontrados en suelo tanto como en raíz. Importante poner atención a los géneros presentes en mayor cantidad, ya que estos presentan el mismo comportamiento que las muestras evaluadas en la investigación.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 General

Proponer un manejo alternativo de los nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano hawaiano (*Musa* spp.) de manera sustentable para el ambiente, bajo condiciones de Entre Ríos, Puerto Barrios Izabal.

### 2.4.2 Específicos

- Determinar los géneros de nemátodos presentes en la plantación.
- Determinar la dinámica poblacional de los nemátodos presentes en el cultivo durante el ensayo a nivel de reconocimiento.
- Validar un programa de manejo orgánico para el control de los nemátodos.

## 2.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El tratamiento orgánico (enzima proteasa de serina) mantendrá sosteniblemente las poblaciones de los nemátodos debajo de los niveles críticos de daño en el cultivo de plátano Hawaiano.

Hipótesis estadística:

Ho: los dos tratamientos para el control de nemátodos producen el mismo efecto en cuanto a efectividad de control de nemátodos fitoparásitos.

Ha: al menos uno de los tratamientos produce efecto distinto en el control de nemátodos fitoparásitos de plátano.

## 2.6 METODOLOGÍA

Para la evaluación del producto orgánico de los nemátodos se utilizó el diseño de parcelas apareadas usando como parcela comparadora el control químico de los mismos que constituye el manejo actual da la empresa.

La comparación permitió evaluar las medias poblacionales en cuanto al número de nemátodos antes y después de la aplicación. Se utilizó la prueba T de Student para análisis de medias y se determinó cual de los 2 tratamientos presenta mejores resultados.

### 2.6.1 Tratamientos

**Tratamiento 1:** orgánico, producto orgánico “(enzima proteasa de serina)” a una dosis de 60 litros por hectárea, con dos repeticiones.

**Tratamiento 2:** químico, con producto convencional a una dosis de 60 kg/ ha con dos repeticiones.

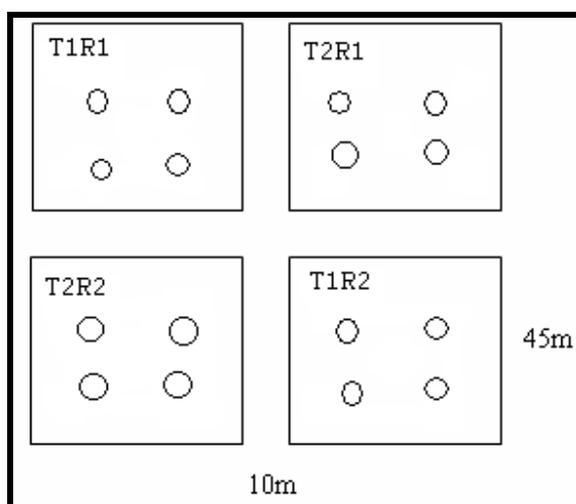


Figura 13. Distribución de los tratamientos en el campo, una hectárea de cultivo.

El tamaño de la unidad experimental fue de 45m \* 45 m (2,025 m<sup>2</sup>) con 2 repeticiones para cada tratamiento, cada repetición con 600 plantas. La distribución de repeticiones quedó como lo indica la figura 12. Se muestrearon 4 plantas por parcela, a las cuales se les

tomaron datos y se obtuvo la media de cada repetición, las plantas están representadas por los círculos dentro de las parcelas (ver figura 12).

### **2.6.2 Metodología de campo**

- Delimitación del área de trabajo (1 hectárea de terreno con cultivo). Se realizó muestreos para determinar población inicial de nemátodos presentes y porcentaje de tejido funcional. Se enumeraron las plantas a tratar. Dentro de la parcela de 1 ha se dividió la parcela en 4, para tener de este modo 2 repeticiones del tratamiento orgánico y 2 del tratamiento convencional, se realizó la aplicación de los tratamientos.
- Aplicaciones de la dosis recomendada de los productos orgánico y químico (30 lts/ha luego otras 2 aplicaciones cada 10 días de 15 lts/ha hasta completar 60 lts/ha, de Contenzione® y 60Kg/ha de Counter®).
- Se muestrearon las plantas identificadas a intervalos de 25- 30 días, con un total de 5 muestreos. En el muestreo se colectó suelo y raíces.

### **2.6.3 Procesado de las muestras en Laboratorio**

Los trabajos de procesado de las muestras se trabajaron en el Laboratorio de Diagnostico Fitopatológico propiedad de la empresa Naturalmente Puresa S.A., ubicado en Ciudad Vieja y un muestreo general de la finca en el laboratorio de diagnóstico de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### **Procesado de Raíces: Método del licuado.**

Se tomaron 15. g de raíces de las plantas identificadas.

Se trataron en una licuadora muy ligeramente con 100 ml de agua destilada, se hicieron pasar por el tamiz de 100 Mesh y se resuspendieron en 20 ml de agua, luego se observaron al microscopio y se realizó el conteo de nemátodos, identificándolos por géneros.

Para la determinación del porcentaje de raíz funcional, las muestras de raíces se observaron directamente al estereoscopio para observar los daños iniciales y la evolución de los daños en las raíces. Se pesó 100 gr de raíz, se separó raíz dañada y raíz funcional, se vuelven a pesar por separado las raíces funcionales y dañadas, de esta forma se obtiene el porcentaje de cada una.

**Procesado del suelo: Método del embudo Bearman;** se colocaron 300 cc de suelo en papel fino, se cierra, luego se colocó en el embudo de Bearman y se le aplicó agua hasta cubrir el suelo. 48 horas después se recibieron los nemátodos, los nemátodos se reciben en los primeros 20 mililitros de la suspensión, pasado este tiempo se realizó el conteo e identificación de los nemátodos vivos/muertos utilizando un microscopio y claves para facilitar la identificación de los géneros de nemátodos (2).

#### **2.6.4 Identidad de nemátodos fitopatógenos**

Se realizó con la ayuda de claves de identificación, basándose en características determinantes para cada género en específico, ver claves de diagnóstico en bibliografía (6,22).

#### **2.6.5 Descripción de las Variables**

- Población de nemátodos

Antes y después de las aplicaciones de los tratamientos, se realizaron 5 muestreos a una frecuencia de 28 días entre cada uno. La población de nemátodos se expresó en individuos por 300 cc para el caso de suelo e individuos en 15 gramos, para el caso de raíces. Para el análisis de los datos de población se utilizó el programa estadístico GraphPad Prism 5.

- Índice de daño de raíces (% de tejido enfermo)

El índice de daño en raíz permite identificar el porcentaje de daño ocasionado por los nemátodos en las raíces. Se realizó en cada uno de los muestreos. Es un indicativo de la salud de las raíces y permite ver la presencia o no de nemátodos endoparásitos.

La estimación poblacional en función del daño visible en raíces se realizó con ayuda en la escala presentada en el cuadro 5, este método permite una evaluación relativamente rápida de la efectividad de las medidas de combate evaluadas (21).

**Cuadro 5. Escala de medición del daño ocasionado por los nemátodos al sistema de raíces y control de tratamientos.**

<b>% Raíces No funcionales</b>	<b>Control</b>
Menor a 5%	Excelente
5-15%	Bueno
15-20%	Regular
20-30%	Deficiente

- Costos de los tratamientos

Análisis de los costos únicamente de cada uno de los productos, basándose en los precios del mercado para cada uno de los productos.

### 2.6.6 Muestreos

Se llevaron a cabo cinco muestreos durante toda la investigación los cuales se detallan a continuación mostrando la fecha en que fueron tomados.

**Cuadro 6. Cantidad y fecha de muestreos para determinación de población de nemátodos.**

<b>Fecha de muestreos</b>				
<b>Pre muestreo</b>	<b>Segundo muestreo</b>	<b>Tercer muestreo</b>	<b>Cuarto muestreo</b>	<b>Quinto muestreo</b>
16/12/2008	16/01/2009	17/02/2009	10/03/2009	15/04/2009

## 2.7. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

### 2.7.1 Nemátodos presentes

Los géneros de nemátodos encontrados en cada uno de los diferentes muestreos fueron: *Radophulus similis*, *Pratylenchus* sp., *Meloydogine* sp., en todos los muestreos. Se determino además *Helicotylenchus* sp. y *Criconemoides* sp., solo en el pre muestreo en la muestra de suelo.

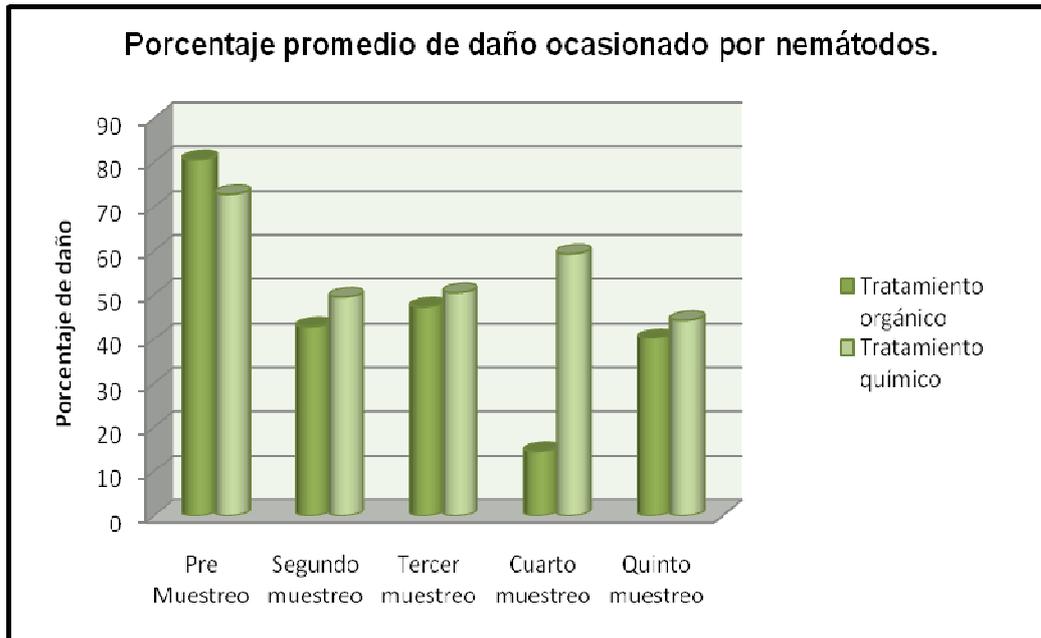
### 2.7.2 Índice de daño (% de tejido enfermo)

El cuadro 7 muestra el comportamiento del daño ocasionado por los fitonemátodos en las raíces de plátano.

Cuadro 7. Porcentaje de daño y raíz funcional, tratamiento orgánico y químico.

PORCENTAJE PROMEDIO DE DAÑO/TRATAMIENTO				
TRATAMIENTO ORGÁNICO				
<b>Pre Muestreo</b>	<b>Segundo Muestreo</b>	<b>Tercer Muestreo</b>	<b>Cuarto Muestreo</b>	<b>Quinto Muestreo</b>
<b>80,54%</b>	<b>42,88%</b>	<b>47,28%</b>	<b>14,58%</b>	<b>40,17%</b>
TRATAMIENTO QUÍMICO				
<b>Pre Muestreo</b>	<b>Segundo Muestreo</b>	<b>Tercer Muestreo</b>	<b>Cuarto Muestreo</b>	<b>Quinto Muestreo</b>
<b>72,84%</b>	<b>49,46%</b>	<b>50,46%</b>	<b>59,35%</b>	<b>44,28%</b>

Al inicio (pre muestreo) las raíces de los dos tratamientos se encontraban con un alto porcentaje de daño, 80.54% para el tratamientos y 72.8% para el testigo respectivamente, pero después de las aplicaciones, el daño fue menor manteniendo un promedio bajo el 50% de daño, esto quiere decir que de 100 gramos de raíces el 50% son raíces funcionales capaces de absorber nutrientes y de brindar anclaje a la planta, también nos dice que al final del estudio la población de nemátodos se mantuvo baja, 51% para el tratamiento orgánico pero incrementó en el tratamiento testigo 150%.



**Figura 14. Comportamiento del porcentaje de daño en raíces.**

Al final de la evaluación el porcentaje de daño para el tratamiento orgánico se mantuvo en 40% y el testigo en 44.28%, en comparación al inicio del tratamiento, el daño bajó a un 30% de daño del sistema de raíces en los dos tratamientos, asumiendo valores con el cuadro 5 se concluye que los dos tratamientos presentaron un control deficiente (el daño se encuentra por encima del 30%). Aunque es de tomar en cuenta los niveles poblacionales y el porcentaje de daño, son afectados por las condiciones ambientales del lugar y la época de evaluación ya que favorecen el desarrollo de los nemátodos, lo que permitió el incremento del daño y la población de los mismos.



Figura 15. Daño en las raíces al inicio y al final del ensayo.

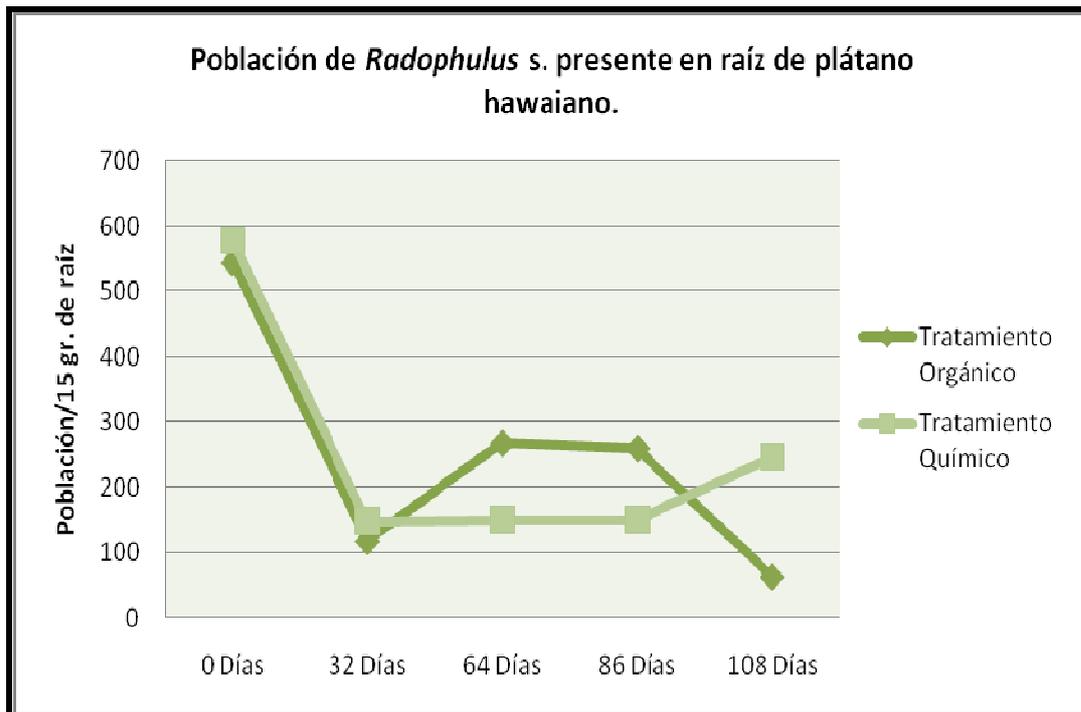
La comparación de los daños visuales del sistema de raíces de plátano evidencia mejor desarrollo y sin daño a partir del segundo muestreo, como lo presenta la figura 15, del lado izquierdo los daños son evidentes antes del inicio de los tratamientos, caso contrario al lado derecho de la imagen, en donde la raíz inicia su recuperación, sin embargo a lo largo de todo el análisis se dio nuevamente el daño por parte de los nemátodos lo que provocó que al final de la investigación los dos tratamientos fueran deficientes tomando como base los datos del cuadro 5.

### 2.7.3 Comportamiento de la población de géneros de nemátodos encontrados en raíz de cultivo de plátano hawaiano.

A continuación en el cuadro 8 se describe como fué el comportamiento de la población de nemátodos del género *Radophulus s.* en cada uno de los muestreos realizados.

Cuadro 8. Población promedio por muestreo de *Radophulus s. Cobb* presente en raíz de plátano hawaiano.

Muestreo/tratamiento	0 Días	32 Días	64 Días	86 Días	108 Días
<b>Tratamiento Orgánico</b>	545	118	268	260	63
<b>Tratamiento Químico</b>	578	148	150	150	246



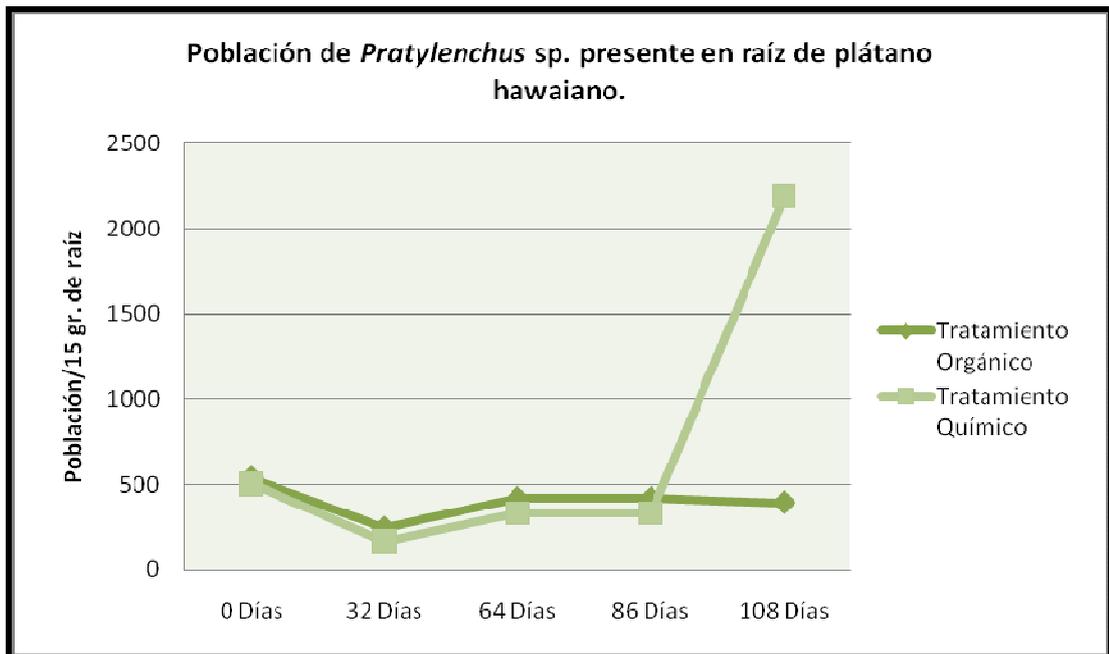
**Figura 16. Comportamiento promedio de la población promedio de *R. similis*.**

Los dos tratamientos bajaron la población de nemátodos del género *Radophulus similis* Cobb después de la aplicación. El tratamiento orgánico bajó la población 80% y el testigo 57% respectivamente al final de la evaluación.

El cuadro 9 se describe como fué el comportamiento de la población de nemátodos del género *Pratylenchus* sp., en cada uno de los muestreos realizados.

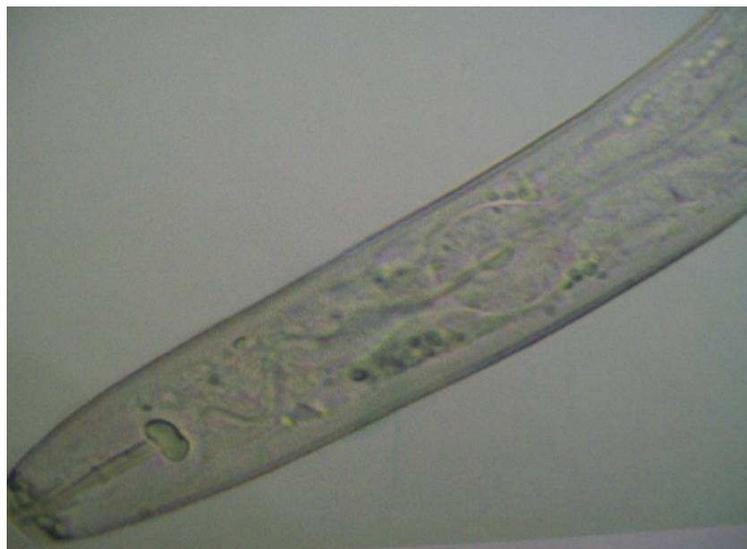
**Cuadro 9. Población promedio de nemátodos del género *Pratylenchus* presente en raíz de plátano hawaiano.**

Muestreo/tratamiento	0 Días	32 Días	64 Días	86 Días	108 Días
<b>Tratamiento Orgánico</b>	540	245	420	420	394
<b>Tratamiento Químico</b>	505	168	333	333	2192



**Figura 17. Comportamiento de la población promedio de *Pratylenchus* sp.**

A lo largo de los distintos muestreos realizados se permite comprobar el comportamiento de este género de nemátodos. En el tratamiento orgánico disminuyó 27% la población mientras que en tratamiento químico ocurrió caso contrario, se incrementó la población 334% al final de la evaluación, en la cual se deduce que el tratamiento orgánico sostuvo la población de este género de nemátodos.

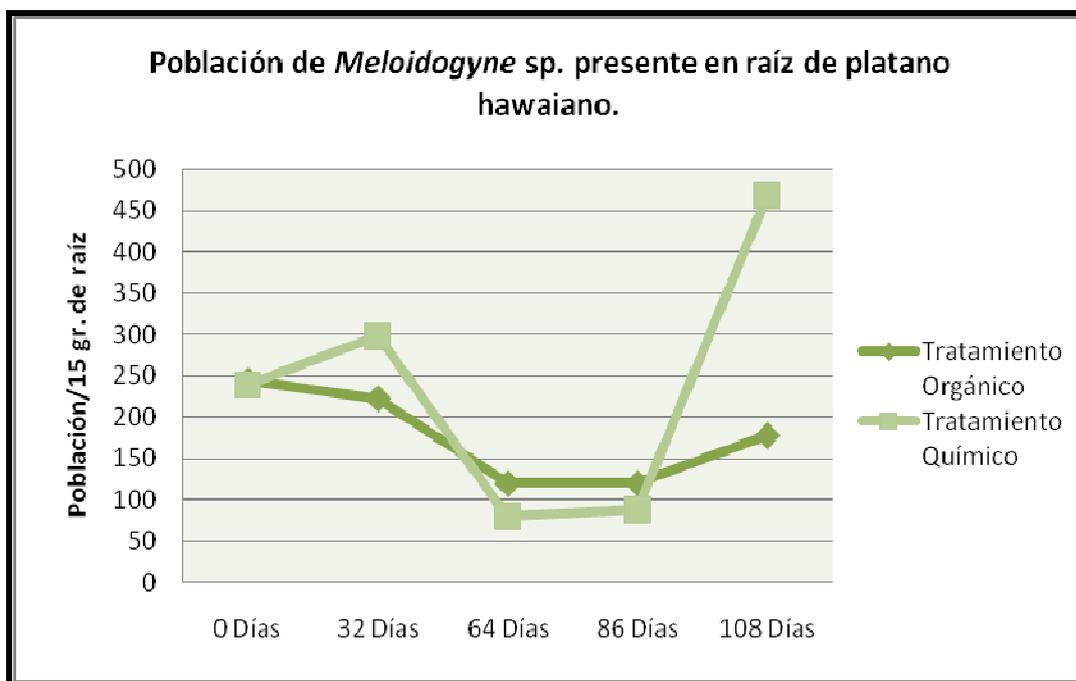


**Figura 18. Individuo de *Pratylenchus* sp., presente en raíz de plátano hawaiano.**

Imagen que representa la región cefálica de un individuo del género *Pratylenchus* sp., en ella se puede ver la forma y tamaño de estilete característico de este género y además de la región del bulbo medio.

**Cuadro 10. Población promedio de nemátodos del género *Meloidogyne* presente en raíz de plátano hawaiano.**

Muestreo/tratamiento	0 Días	32 Días	64 Días	86 Días	108 Días
<b>Tratamiento Orgánico</b>	244	223	120	120	178
<b>Tratamiento Químico</b>	239	298	80	88	469



**Figura 19. Comportamiento de la población promedio de *Meloidogyne* sp.**

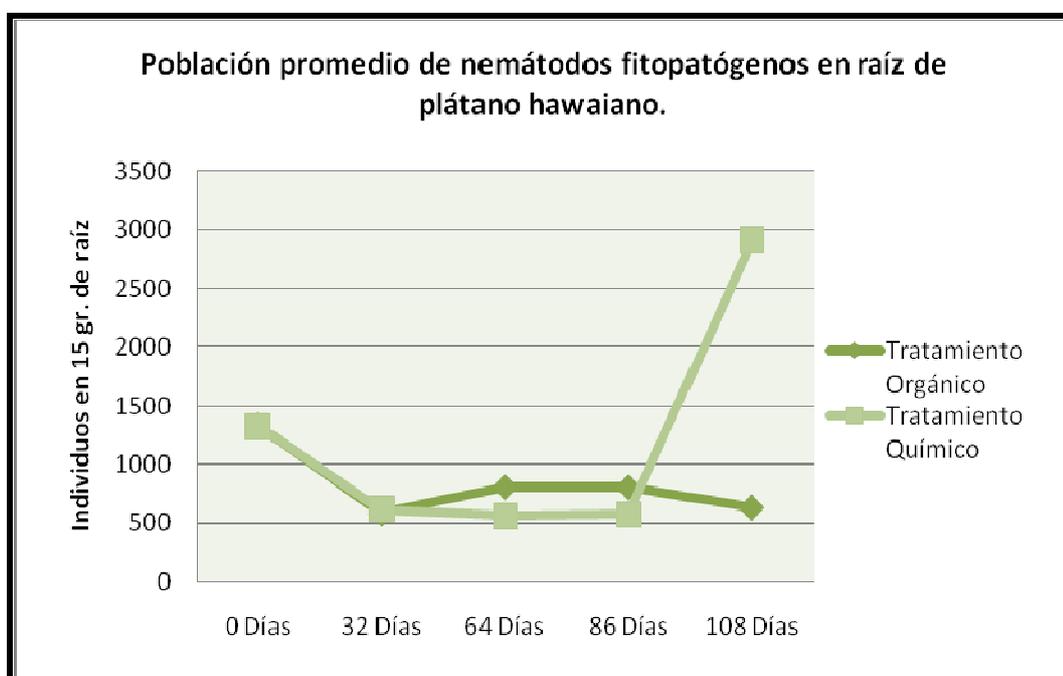
Las gráficas muestran la población de nemátodos encontrados con el fin de medir la efectividad de los productos. El comportamiento que presentaron los dos tratamientos fue muy semejante en cuanto a la efectividad de control solo que en los géneros *Pratylenchus* ssp. y *Meloidogyne* ssp. en el último muestreo se incrementó la población de estos en el tratamiento químico, caso contrario ocurrió con el tratado, en el cual la población se mantuvo por debajo 32% en comparación con el inicio del tratamiento. El incremento del género *Meloidogyne* sp., se debe a que es el nemátodo que predomina en la finca.

El cuadro 11 muestra la población en general de los nemátodos fitoparásitos encontrados en raíces de plátano hawaiano en todo el estudio.

**Cuadro 11. Población general promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en raíz de plátano.**

<b>Población de nematodos presentes en raíz de plátano hawaiano</b>		
<b>Muestras</b>	<b>Tratamiento Orgánico</b>	<b>Tratamiento Químico</b>
16/12/2008	1329	1321
16/01/2009	586	614
17/02/2009	808	563
10/03/2009	807	571
15/04/2009	635	2907

\*Individuos en 15 gr. de raíz.



**Figura 20. Comportamiento de la población promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en raíces de plátano hawaiano.**

La eficiencia en el manejo de nemátodos con el producto orgánico nos indica que las aplicaciones de nematicida bajo las condiciones de evaluación, deben de hacerse por lo menos de 86 días para el caso del testigo, tiempo en el cual las poblaciones de nemátodos fitoparásitos empezaron a elevarse y para el tratamiento orgánico permaneció baja la población a lo largo de los 108 días evaluados, tal y como lo muestra la figura 20.

### 2.7.4 Comportamiento de la población de géneros de nemátodos encontrados en suelo con cultivo de plátano hawaiano.

Cuadro 12. Población promedio de nemátodos del género *R. similis* presente en suelo con cultivo de plátano hawaiano.

Muestreo/tratamiento	0 Días	32 Días	64 Días	86 Días	108 Días
<b>Tratamiento Orgánico</b>	175	43	30	30	50
<b>Tratamiento Químico</b>	133	50	5	5	30

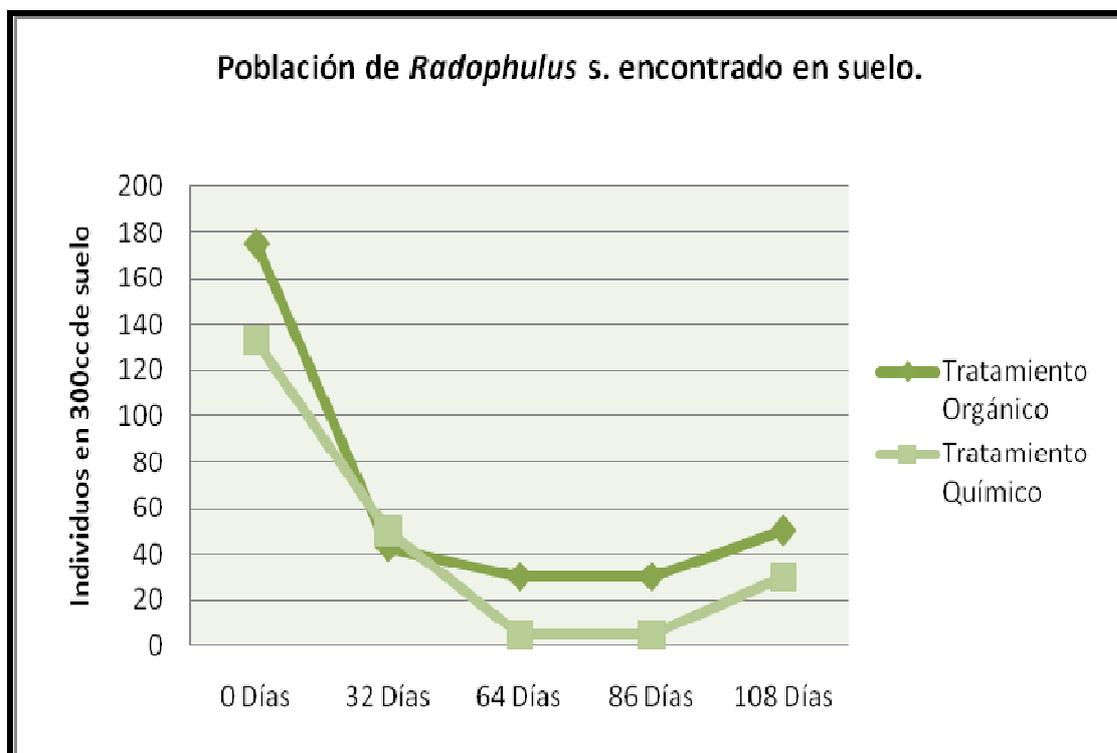
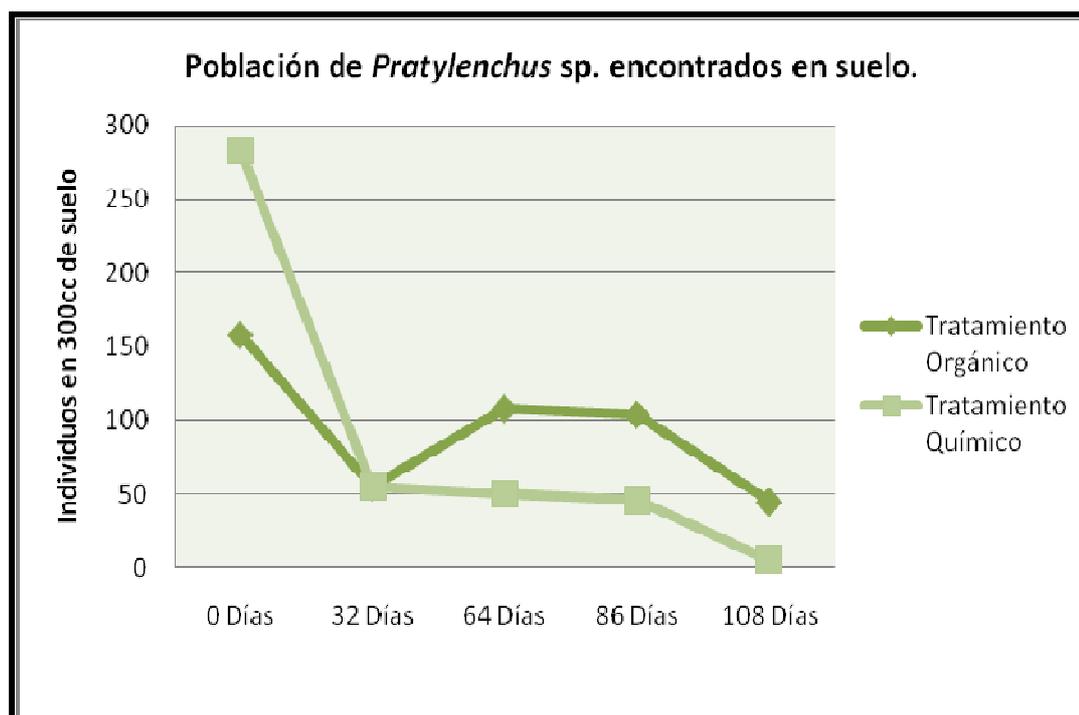


Figura 21. Comportamiento de la población promedio de *R. similis*.

Los individuos de *R. similis* encontrados en suelo fueron controlados por los dos tratamientos, encontrándose en nivel mas bajo en el tercer y cuarto muestreo, no existió demasiada presión de este tipo de nemátodo porque su hábito es endoparásito migratorio (en la raíz principalmente) y su población es mayor en raíz.

**Cuadro 13. Población promedio de nemátodos del género *Pratylenchus* presente en suelo con cultivo de plátano hawaiano.**

Muestreo/tratamiento	0 Días	32 Días	64 Días	86 Días	108 Días
<b>Tratamiento Orgánico</b>	158	55	108	104	45
<b>Tratamiento Químico</b>	283	55	50	46	5

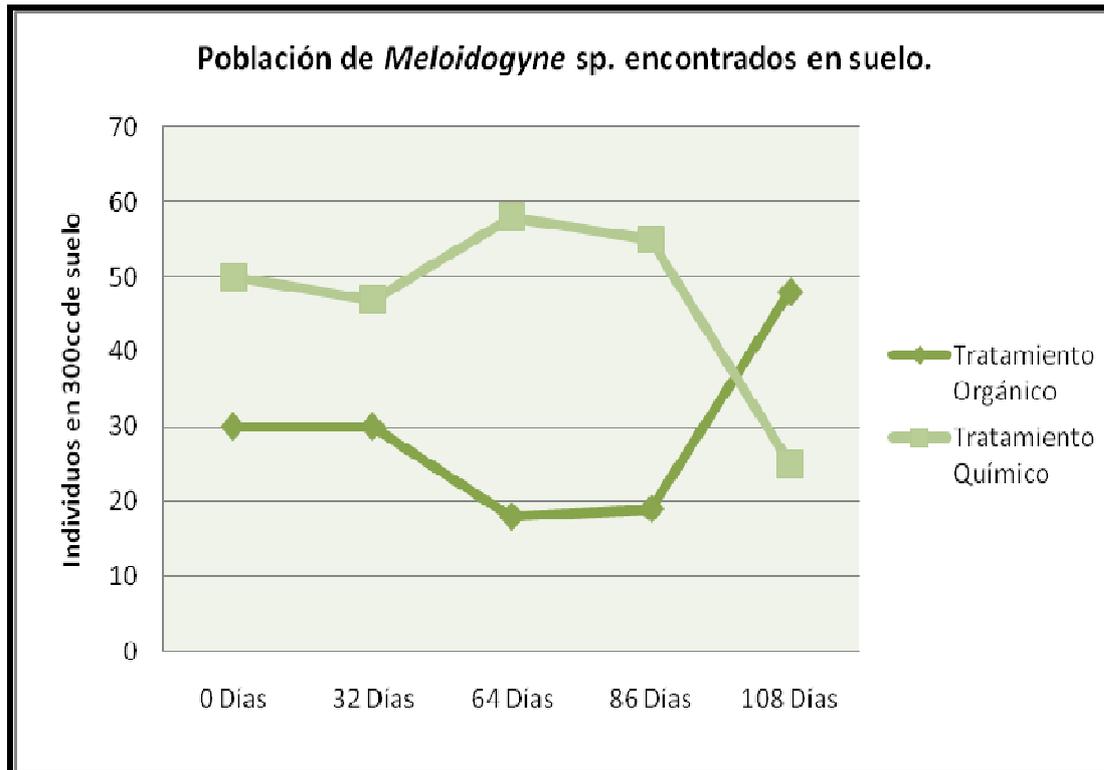


**Figura 22. Comportamiento de la población promedio de *Pratylenchus* sp.**

La eficiencia en cuanto al control de nemátodos del género *Pratylenchus* sp., encontrados en suelo, para cada uno de los tratamientos disminuyó su población al final de la evaluación. Para el caso del tratamiento orgánico disminuyó 75% su población y para el tratamiento químico disminuyó 98% respectivamente.

**Cuadro 14. Población promedio de nemátodos del género *Meloidogyne* presente en suelo con cultivo de plátano hawaiano.**

Muestreo/tratamiento	0 Días	32 Días	64 Días	86 Días	108 Días
<b>Tratamiento Orgánico</b>	30	30	18	19	48
<b>Tratamiento Químico</b>	50	47	58	55	25



**Figura 23. Comportamiento de la población promedio de *Meloidogyne* sp.**

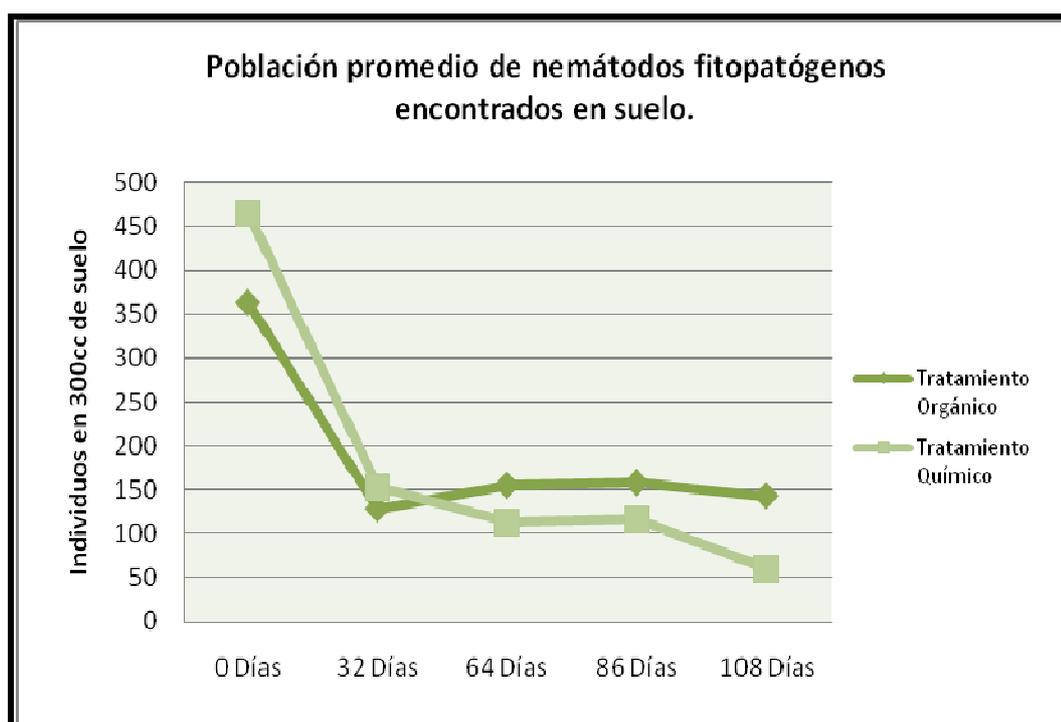
La población de nemátodos del género *Meloidogyne* sp. en suelo es muy baja principalmente porque este tipo de nemátodo posee hábito endoparásito sedentario (en raíces principalmente) los individuos encontrados en suelo corresponden a estados inmaduro o son machos. El comportamiento de la población para el tratamiento orgánico fué en disminución pero el tratamiento químico presentó incremento en los niveles poblacionales al final del ensayo.

El cuadro 5 indica la población general de nemátodos fitoparásitos encontrados en 300 cc de suelo en el cultivo de plátano hawaiano.

**Cuadro 15. Población general promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo con cultivo de plátano.**

<b>Población de nemátodos encontrados en suelo con cultivo de plátano hawaiano</b>		
<b>Muestras</b>	<b>Tratamiento Orgánico</b>	<b>Tratamiento Químico</b>
16/12/2008	363	465
16/01/2009	128	153
17/02/2009	155	113
10/03/2009	158	116
15/04/2009	143	60

\*Individuos en 300 cc. de suelo.



**Figura 24. Comportamiento de la población promedio de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo con cultivo de plátano hawaiano.**

La figura 24 muestra la eficiencia en el manejo de nemátodos con los tratamientos evaluados, para el caso de nemátodos encontrados en suelo, indica que la población de los mismos se mantuvo por debajo del nivel crítico.

El potencial del producto orgánico en cuanto al control de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano es evidente, en el cual se demostró que la efectividad para el control de nemátodos fitoparásitos es semejante a la de un nematicida convencional químico. La población de nemátodos en las raíces disminuyó 52% con el tratamiento orgánico y se incrementó 120% en el tratamiento químico al final del ensayo. La población de nemátodos en suelo disminuyó 60% con el tratamiento orgánico y 87% con el tratamiento químico.

### 2.7.5 Análisis Estadístico del Ensayo

Se realizó un estadístico de prueba t de Student para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos.

Demuestra que no existen diferencias significativas (95% de confianza) entre tratamientos ya que los valores de t para nemátodos fitoparásitos de raíz son de 0.46 y para los nemátodos presentes en suelo es de 0.927 respectivamente (valores por debajo de 0.05 indican una diferencia significativa en una distribución normal).

### 2.7.6 Costos parciales del ensayo

Costos que Varían para una manzana.

**Cuadro 16. Análisis de costos que varían para el tratamiento orgánico.**

<b>Análisis de Costos que Varían para el producto orgánico</b>						
Actividad	Cantidad	No. De aplicaciones	Jornales	Costo/ Jornal(Q)	Costo/ aplicación (Q)	Costo Total (Q)
Aplicación de producto		3	2	30.00	60.00	180.00
Producto	60 lts*25,60*					1536.00
<b>Total Costos que Varían</b>						<b>1716.00</b>

\*Precio de producto: Q25.60/ litro.

**Cuadro 17. Análisis de costos que varían para el tratamiento químico.**

<b>Análisis de Costos que Varían para el producto químico</b>						
Actividad	Cantidad	No. De aplicaciones	Jornales	Costo/ Jornal (Q)	Costo/ Aplicación(Q)	Costo Total (Q)
Aplicación de producto		1	2	30.00	60.00	60.00
Producto	4 bolsas*302,5					1210.00
<b>Total Costos que Varían</b>						<b>1270.00</b>

\*Precio: Q 302.50 bolsa de 15 Kg.

No se toman en cuenta los costos de manejo de la plantación ya que este aplica por igual a los tratamientos, los cuales no varían.

Los datos de producción no se tomaron en cuenta ya que el estudio no permitió obtener datos de producción por tratamiento, por lo que es difícil obtener otros indicadores económicos.

## 2.8. CONCLUSIONES

Los géneros de nemátodos fitoparásitos que se encontraron durante el ensayo fueron: *Pratylenchus* ssp., *Radophulus similis*, *Meloidogyne* ssp. y *Rotylenchulus* ssp., constatando así los géneros que se habían reportado. El género con mayor presencia fue *Pratylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp. fué el género que menos se presentó.

La aplicación del nematicida orgánico (enzima protéasa de serina) para el control de nematodos fitoparásitos presenta el mismo efecto al del nematicida químico evaluado.

Las poblaciones de nemátodos después de las aplicaciones realizadas se mantuvieron por debajo del nivel crítico (10,000 individuos/100 gr. de suelo, para el caso de *Radophulus similis* Cobb, en banano) reportado para el área en un tiempo aproximado de cuatro meses. Para los demás géneros se toma como base el dato utilizado por el laboratorio, 100 individuos/300 cc de suelo, los cuales si sobrepasaron este nivel en el estudio.

Se elaboró y aplicó el tratamiento de control orgánico para los nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano hawaiano, dando como resultado el buen manejo de los mismos, validando de esta manera el tratamiento orgánico para el control de los nemátodos fitoparásitos.

## **2.9. RECOMENDACIONES**

No existe diferencia entre orgánico y químico, por lo que se recomienda el más económico, en la evaluación fue el tratamiento químico, o el más inocuo (tratamiento orgánico) dependiendo del mercado.

Realizar evaluaciones aplicando diferentes dosis del producto orgánico y que contribuya al fortalecimiento de la investigación.

Continuar con las evaluaciones del tratamiento orgánico en otros cultivos, los cuales son afectados por otros géneros de fitonemátodos.

## 2.10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1996. Fitopatología. Trad. Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. p. 736-779.
2. Andrade M, RL. 2007-2008. Manual de fitonemátodos. México, Naturalmente Puresa, Departamento de Investigación. 122 p.
3. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2008. Exportaciones de plátano 2007 (en línea). Guatemala. Consultado 14 oct 2008. Disponible en: <http://www.banguat.gob.gt/estaeco/comercio/default.asp>
4. Belalcázar, S *et al.* 1991. Manejo integrado de plagas en el cultivo del plátano en el trópico. Venezuela, INIBAP / ICA / CIID / Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. 376 p.
5. Carrillo, FC. 1996. Nematodos y nematocidas. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, Editorial Universitaria. 90 p.
6. Cepeda Siller, M. 1996. Nematología agrícola. México, Trillas. 305 p.
7. Crane, JH; Balerdi, CF. 2008. Los plátanos en Florida (en línea). Florida, US, Universidad de Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Consultado 15 oct 2008. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/HS275>
8. De Waele, D; Davide, R. 1998. Nemátodos noduladores de las raíces del banano, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949 y *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. In INIBAP, FR. 1998. Plagas de *Musa*. Montpellier, Francia, INIBAP, Hoja Divulgativa no 3.
9. Esquivel, A. 2001. *Radophulus similis* (en línea). Costa Rica, INBIO. Consultado 28 set 2008. Disponible en: <http://darnis.inbio.ac.cr/ubis/FMPro?-DB=UBIPUB.fp3&-lay=WebAll&error=norec.html>
10. Gonzáles, PM. 1987. Enfermedades del cultivo del plátano. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 99 p.
11. Grajeda, D. 2001. El cultivo del plátano (*Musa AAB*), programa de capacitación.
12. Holt, JR. 2009. Phyllium nemátoda (en línea). US. Consultado 12 ene 2009. Disponible en: <http://comenius.susqu.edu/bi/202/Animals/ECDYSOZOA/nematoda/Nematoda.html>
13. ICIA (Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, ES). 2002. Actividades del ICIA en platanera (en línea). Islas Canarias, España. Consultado 23 set 2008. Disponible en:

<http://www.icia.es/icia/download/fruticulturatropical/Actividades%20del%20Icia%20en%20platanera.pdf>

14. Jacobs, P. 2002. *Arthrobotrys oligospora* (en línea). US. Consultado 25 feb 2009. Disponible en: <http://www.biological-research.com/philip-jacobs%2520BRIC/ar-olig.htm&ei=VqfGSeb8FMzqtgfs37nJCq&sa=X&io=translate&resnum=1&ct=result&prev=/serch%3Fq%3DArthrobotrys%2Bologospora%26hl%3Des%26rlz%3D1T4GGLJesGT311GT265>.
15. Moreno, AG. 2005. Nematodos (en línea). In Moreno, AG. 2005. Apuntes de zoología. Madrid, España, Universidad Complutense de Madrid. Consultado 12 oct 2008. Disponible en <http://www.ucm.es/info/tropico/docencia/Textos/D5%20NEMATODOS.pdf>
16. Naturalmente Puresa, MX. 2007-2008. Vademecun: información técnica de los productos de Naturalmente Puresa. Durango, México. 187 p.
17. Orozco, MR; Chaverra, C. 1999. Cultivo del plátano (en línea). Colombia, CORPOICA / PRONATTA. Consultado 24 set 2008. Disponible en: [http://agronet.gov.co/www/docs\\_si2/actualizacion%20tecnologia%20en%20platano.pdf](http://agronet.gov.co/www/docs_si2/actualizacion%20tecnologia%20en%20platano.pdf)
18. Ortiz, C. 2008. Situación actual e historia de la finca (comunicación personal). Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, SERVERESA.
19. Pérez Contreras, LE. 1975. Identificación de las especies de nematodos asociados al cultivo del banano (*Musa sapientum* L.) y otras musáceas en la zona de Morales y Entre Ríos, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 38 p.
20. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
21. Suárez, Z; Rosales, LC. 2004. Problemas nematológicos en musáceas. Venezuela, CENIAP / INIA, Laboratorio de Nematología, Unidad de Protección Vegetal, Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela no. 6.
22. Tarjan, AC; Esser, RP; Chang, SL. 1977. Interactive diagnostic key to plant parasitic, freeliving and predaceous nematodes. Nebraska, US, University of Nebraska Lincoln, Nematology Lab. Consultado 23 set 2009. Disponible en <http://nematode.unl.edu/nemakey.htm>

### **CAPITULO III**

#### **INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS**

### 3.1 PRESENTACION

A continuación se presentan los servicios ejecutados, cada uno de ellos propuestos con el fin de contribuir al enriquecimiento de información para el manejo de problemas agrícolas de una manera sostenible y que se puedan conocer alternativas que ayuden a mejorar la producción agrícola sin ocasionar daño al medio ambiente.

Como primer servicio realizado se pretende integrar un complemento de la fertilización en Palma Africana en la etapa de pre-vivero, principalmente usando aminoácidos, ácidos orgánicos e inoculantes que permitan complementar las fertilizaciones químicas. Se evaluó niveles de fertilización a partir del programa establecido para la etapa de pre-vivero, pudiéndose trabajar solo con la fertilización orgánica o con un 50% del programa de fertilización química.

Seguidamente se encontró un diagnóstico nematológico general de la finca donde se llevó a cabo la investigación, esto con el fin de determinar los géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano hawaiano en la zona.

Como último servicio, una evaluación de un fumigante orgánico (Detruire®) formulado a base de fermentación biológica (levaduras principalmente) como alternativa al Metam Sodio en el cultivo de melón para el control de *Fusarium* sp., principal patógeno involucrado en el colapso del melón. La evaluación se realizó a varias dosis del producto determinando principalmente las UFC/gr (Unidades Formadoras de Colonias por gramo de suelo) en cada uno de los tratamientos. De la evaluación se concluye que es factible la aplicación del producto orgánico para el control de *Fusarium* sp. en el cultivo de melón.

### **3.2 AREA DE INFLUENCIA**

Los diferentes servicios realizados fueron enfocados al control de enfermedades y nutrición, desarrollados en Puerto Barrios Izabal el diagnóstico nematológico y nutrición de plantas de palma africana en atapa de pre-vivero, por último una alternativa al fumigante de suelo en cultivo de melón para controlar *Fusarium* sp. llevado a cabo en Zacapa.

### **3.3 OBJETIVO GENERAL**

Proponer alternativas de nutrición orgánica en Palma Africana (*Elaeis* sp) en la etapa de pre-vivero y control de *Fusarium* spp. en cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) y realizar diagnóstico nematológico de suelo y raíz en el cultivo de plátano hawaiano (*Musa* spp).

### 3.4 SERVICIOS PRESTADOS

#### **3.4.1 Programa de suplemento nutricional orgánico y de protección de enfermedades para la etapa de pre-vivero en palma africana (*Elaeis guineensis*) Placa 1, Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal.**

##### **3.4.1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA**

Cultivos extensivos, como es el caso de Palma Africana (*Elaeis guineensis*), representa para Guatemala una gran fuente de ingresos económicos y laborales. En Guatemala se cultivan alrededor de 65 mil hectáreas distribuidas en diferentes departamentos, entre ellos, Puerto Barrios, Izabal, lugar en el cual se encuentra Agrocaribe una de las principales empresas que se dedica al cultivo de la palma. Esta empresa desarrolla sus plantas desde la etapa de pre-vivero y vivero hasta llevarlas a campo definitivo

Las plantas de palma africana pasan en las etapas de pre-vivero y vivero alrededor de 52 semanas (un año). Cabe mencionar que durante el tiempo de pre-vivero, el cual dura de ocho a diez semanas, el programa de fertilización lo inician a la séptima semana del trasplante, perdiéndose tiempo valioso para acelerar el enraizamiento de las plantas.

Los programas de fertilización que se ha venido manejando en las etapas de pre-vivero y vivero son mayormente a base de productos químicos, usando muy poca fertilización orgánica. Se pretende con el programa de complemento orgánico, que se disminuya el tiempo que pasa la planta en el pre-vivero, que sea una planta sana, vigorosa y libre de plagas y enfermedades para que cuando se establezca en campo definitivo obtener los mejores resultados.

Además, no existe un programa para el control de enfermedades de suelo, ya que éstas pueden detener el proceso de enraizamiento y ocasionar reducción en el tiempo de desarrollo.

### 3.4.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- \* Determinar el vigor (altura) de las plantas de *E. guineensis* al final del programa de fertilización.
- \* Determinar el tiempo en que salen las plantas de *E. guineensis* en la etapa de pre-vivero.
- \* Determinar la presencia de patógenos presentes en el sustrato por medio de análisis de laboratorio.

### 3.4.1.3 HIPÓTESIS

El programa de suplemento nutricional orgánico incrementará el vigor de las plantas, creará una buena relación suelo-raíz y mantendrá libre de enfermedades a las plantas de *E. guineensis* en la etapa de pre-vivero.

Hipótesis estadísticas:

Ho: todos los tratamientos para la nutrición de plantas de Palma Africana en la etapa de pre-vivero presentan el mismo efecto.

Ha: al menos uno de los tratamientos produce efecto distinto sobre la nutrición de plantas de Palma Africana en la etapa de pre-vivero.

### 3.4.1.4 METODOLOGÍA

#### 3.4.1.4.1 De campo

Para la realización de la investigación se utilizó el Diseño Estadístico de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

#### A. Tratamientos

Cuadro 18. Descripción de los distintos tratamientos evaluados.

No.	Tratamiento
1	Programa Orgánico completo
2	Orgánico + 75 % de la dosis de fertilizante
3	Orgánico + 50% de la dosis de fertilizante
4	Con vencial Testigo (solo fertilizante)

A continuación se describen las características que poseen cada uno de los productos que utiliza el programa nutricional orgánico.

**Proselective®:** Es un producto natural a base de cepas seleccionadas de *Trichoderma harzianum*, cultivadas en condiciones controladas para asegurar la calidad del producto. Se ha estudiado cuatro modos de acción de este hongo: Competencia por nutrientes y espacios, antibiosis, micoparasitismo y estimulación de defensas en las plantas (12).

**Invassore®:** Es un producto a base de bacterias *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, y *Azospirillum* spp. una de sus actividades es la fijación de Nitrógeno atmosférico, pero además solubilizan fosfatos e inducen a la planta a la producción de fitohormonas. Razón por la cual, se estimula el desarrollo radicular, suplementan la nutrición y ayudan al establecimiento en campo de las plántulas (12).

**Natural Soil®:** Es un producto natural a base de soluble de pescado, tiene un alto contenido de aminoácidos que nutren a las plantas, mejoran la estructura de los suelos y alimenta la flora microbiana de estos, logrando un mejor aprovechamiento de agua y una mayor disponibilidad de nutrientes (12).

**Alga Vit®:** Es un compuesto de ácidos orgánicos, oligosacaridos y extracto de algas marinas, mismas que debido al cuidado que se le sigue en su proceso biológico, se extrae el máximo de sus componentes sin perder atributos. Mejora el suelo, las condiciones de nutrición, salinidad así como el desarrollo y crecimiento de las plantas ya que contiene todos los elementos mayores, menores y traza que la planta requiere para su crecimiento (12).

### **B. Variables de respuesta**

- Altura y grosor del tallo a la séptima y octava semana: El número de plantas muestreadas para obtener los valores de altura fué de 4 por repetición, muestreando 16 plantas por tratamiento. La altura fue tomada desde la base del tallo hacia las puntas de las hojas.
- Análisis de laboratorio para la determinación de patógenos del sustrato. Toma de muestra de plantas del análisis al final de la evaluación, de la cual se determinó patógenos en plantas y sustrato.

### **C. Aleatorización de los tratamientos**

Área experimental: 2 tablonos, cada uno de los tablonos contiene 32 mesas de desarrollo, cada una de las repeticiones (unidad experimental) esta constituida de 4 mesas de desarrollo, obteniéndose ocho unidades experimentales por tablón.



**Cuadro 20. Especificaciones de tratamiento 2, Programa orgánico + 75% programa convencional.**

PRODUCTO	Semana								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Proselective	0.5 kg	0.5 kg	0	0	0	0	0	0	0
Invassore	0,5 lts		0.5 lts	0	0	0	0.5 lts	0	
Natural Soil	0.5 lts	0.5 lts	0.5 lts	1 lts	1 lts	0	0.5 lts	0	1 lts
Alga Vit	0	0	0.5 lts	0,5 lts	0	0	0.5 lts	0	0
Nitrato de potasio	0	0	0	0	0	0	0	150 gr.	300 gr.

**Cuadro 21. Especificaciones de tratamiento 3, programa orgánico + 50% programa convencional.**

PRODUCTO	Semana								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Proselective	0.5 kg	0.5 kg	0	0	0	0	0	0	0
Invassore	0,5 lts		0,5 lts/	0	0	0	0	0	
Natural Soil	0.5 lts	0.5 lts	0,5 lts	1 lts	1 lts	0	0.5 lts	0	1 lts
Alga Vit	0	0	0,5 lts	0.5 lts	0	0	0.5 lts	0	0
Nitrato de Potasio	0	0	0	0	0	0	0	100 gr.	200 gr.

**Cuadro 22. Especificaciones de tratamiento 4, programa convencional.**

PRODUCTO	Semana								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Proselective	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invassore	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natural Soil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alga Vit	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrato de Potasio	0	0	0	0	0	0	0	200 gr.	401 gr.

Las dosis indicadas en cada uno de los tratamientos evaluados disueltas en solución de un tonel (200 litros).

#### 3.4.1.4.2 De laboratorio

Para el análisis de la muestra de sustrato en el laboratorio se realizó en un medio específico para la determinación de hongos y bacterias. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Diagnostico Fitopatológico propiedad de Naturalmente Puresa S.A.

### 3.4.1.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Para la toma de datos de las medias de cada planta se tomaron datos de cuatro plantas de cada repetición para así determinar las medias de cada repetición y que fueran representativas de cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 23. Resultado de promedios, alturas de plántulas de cada repetición.**

Tratamiento	Repetición			
	I	II	III	IV
1	21,75	25,15	25	27,63
2	24,45	21,13	20,37	20,92
3	22,63	23,25	23,68	24,43
4	24,5	23	23,25	19,48

**Cuadro 24. Análisis de medias de los distintos tratamientos. Los valores que se muestran son para altura de la planta.**

Tratamiento	Repetición				Yi.	Y'i.
	I	II	III	IV		
1	21,75	25,15	25	27,63	99,53	24,88
2	24,45	21,13	20,37	20,92	86,87	21,71
3	22,63	23,25	23,68	24,43	93,99	23,50
4	24,5	23	23,25	19,48	90,23	22,56
					<b>370,62</b>	

**Cuadro 25. ANDEVA de las alturas de los distintos tratamientos.**

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	Fc	Ftab
Tratamiento	3	22,10	7,37	2,04	3,49
Error experimental.	12	43,35	3,61		
Total	15	65,45			

Con un valor de confiabilidad del 95%, nos indican que no existe diferencias en cuanto a los tratamientos, ya que  $F_{tab} > F$  calculada ( $3.49 > 2.04$ ).

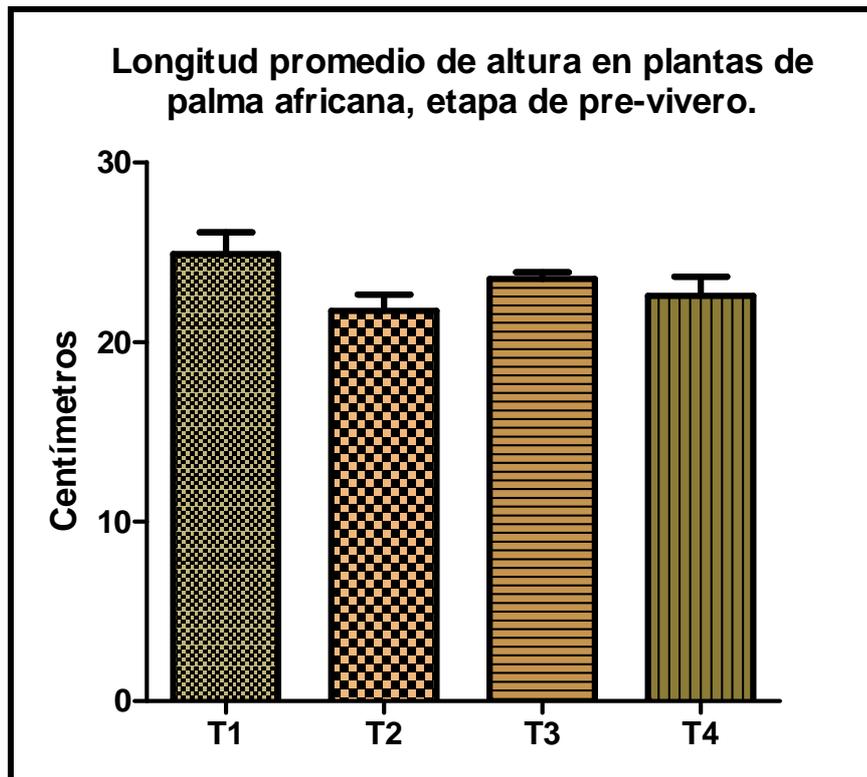


Figura 26. Promedio de alturas en centímetros de plántulas de palma africana, etapa de pre-vivero.

La anterior figura muestra que el tratamiento en que las plántulas desarrollaron mayor altura promedio a las 8 semanas en la etapa de pre-vivero fue el tratamiento 1 (orgánico) con 25 cm., seguido del tratamiento 3 con 23.5 cm. respectivamente.

El análisis de laboratorio para la identificación de patógenos de sustrato y planta no reporto ninguno de ellos, garantizando la inocuidad de las plantas en la etapa de pre-vivero.

### 3.4.1.6 CONCLUSIONES

No existe diferencia significativa entre tratamientos en cuanto al vigor de las plantas de Palma Africana en la etapa de pre-vivero. Las plantas tratadas con el suplemento orgánico presentaron mejor desarrollo foliar y radicular en las primeras etapas de desarrollo.

Existe diferencia en el tiempo que están listas las plantas para ser llevadas a la etapa de vivero, las cuales estaban listas a la octava semana, existe diferencia de 2 semanas con los tratamientos que incluyen el programa orgánico en comparación al manejo convencional, el cual dura 10 semanas.

Se determinó por medio de análisis de laboratorio que no se encontraban patógenos que causan enfermedades del suelo. En el análisis si se encontró unidades formadoras de colonias del hongo benéfico *Trichoderma sp.*

### 3.4.1.7 CONSTANCIAS



**Figura 27. Medición longitudinal de plantas en evaluación, etapa de pre-vivero.**

Evaluación de los distintos tratamientos en cuanto a la longitud foliar de cada una de las plantas. La medición se realizó desde la base del tubete hasta la punta de la hoja más larga.



**Figura 28. Desarrollo radicular de plantas tratadas con programa de complemento nutricional orgánico. Tratamiento 2.**

Apariencia del desarrollo radicular de planta proveniente del tratamiento 2, para la toma de la muestra de análisis fitopatológico.

### **3.4.2 Diagnóstico nematológico de suelo y raíz de cultivo de plátano Hawaiano SERVARESA**

#### **3.4.2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA**

En SERVARESA (Servicios de Administración de Recursos S.A.), empresa que se dedica a la producción de plátano hawaiano, se ha tenido un historial alto de presencia de nemátodos fitoparásitos debido a que en los campos que hoy ocupa la empresa, con anterioridad existieron fincas que se dedicaban a la producción de banano. Debido a problemas con personal las empresas bananeras abandonaron las fincas, iniciando operaciones a partir de esto SERVARESA, a raíz de la producción bananera quedó un historial alto de nemátodos en la finca.

Los daños que se han presentado en la finca han sido severos ya que las plantas tienden al volcamiento. Los nemátodos, ocasionan reducción de los rendimientos, principalmente porque disminuye el tamaño y número de racimos o por la reducción del número de plantas por unidad de superficie ya que existe debilitamiento de las plantas afectadas lo cual provoca que lleguen a caerse.

Entre los géneros de nemátodos fitoparásitos que atacan al plátano, se encuentran, el *Radopholus similis*, *Pratylenchus* sp, *Rotilenchulus* sp y *Meloidogyne* sp, *Helicotilenchus* sp. de ellos el primero es considerado como el más dañino y de una mayor distribución a nivel mundial en zonas productoras de banano y plátano, aunque pueden encontrarse otros géneros de nemátodos fitoparásitos pero de menor importancia (1,8).

#### **3.4.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar los géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano hawaiano en el estudio.
- Representar gráficamente la población de nemátodos encontrados en suelo y raíces de plátano hawaiano.

### 3.4.2.3 METODOLOGIA

#### a) Trabajo de campo

- La toma de las muestras se llevó a cabo de la siguiente manera: un pie de distancia de la planta se hace un agujero de más o menos un pie cúbico del cual se toma el suelo y raíces que se encuentre en el agujero, esta debe de tomarse en dirección del hijo de cultivo. Se colectó 10 submuestras por cable y luego se homogenizaron, de esta mezcla se tomó una sola muestra. La cantidad de raíces se obtuvo de la mezcla de las 10 submuestras extraídas. Se muestrearon las plantas identificadas, en el muestreo se colectó suelo y raíces.
- Se colocaron las muestras en bolsas plásticas para su traslado al laboratorio.
- Diagnóstico e Identificación de los géneros de nemátodos encontrados.

#### b) Trabajo de laboratorio

Para realizar la extracción de los nemátodos del suelo se utilizó la metodología de tamizado-centrifugado, el cual se detalla a continuación.

Para la determinación de los géneros de nemátodos encontrados se utilizó claves de diagnóstico, pueden verse en bibliografía (9,16).

**Método centrifugado-tamizado:** a un beacker conteniendo 500 ml de agua se le agrega 300 cc. de suelo. Se disuelve hasta lograr que todo el suelo se homogenice. Se pasan por los tamices de 50, 100, 200 y 325 mesh. Los nemátodos pueden colectarse desde el tamiz de 200, en el de 325 mesh quedan todos los nemátodos. Los nemátodos se recibieron en Beackers de 50 ml. Esta solución se distribuye en los tubos de la centrifuga. Se centrifugo a alrededor de 6 minutos con 3000 rpm. Luego se eliminó el sobrenadante. Al sedimento se le agregó 10 ml de solución de sacarosa y se centrifugo alrededor de 30 segundos. Se recibió el sobrenadante en el tamiz de 325 mesh, se lava y se colocaron en beacker con 20 ml de agua, aquí quedaron los nemátodos listos para lecturas (1,4).

Para la extracción de nemátodos presentes en raíces se utilizó la cámara nebulizadora para la cual se pesan 30 gramos de raíz, previamente lavada, y se parten en trozos de un centímetro de largo o menos, luego se coloca en un embudo de Bearman. Se coloca en la cámara nebulizadora. La cámara nebulizadora realiza aspersiones cada cinco minutos, los nemátodos se mueven en la solución de agua y llegan hasta la parte baja del embudo. Se dejan 24 horas para que los nemátodos reposen en la parte baja del embudo, luego se toma los primeros 20 cc de agua en la cual se encuentran los nemátodos (1).

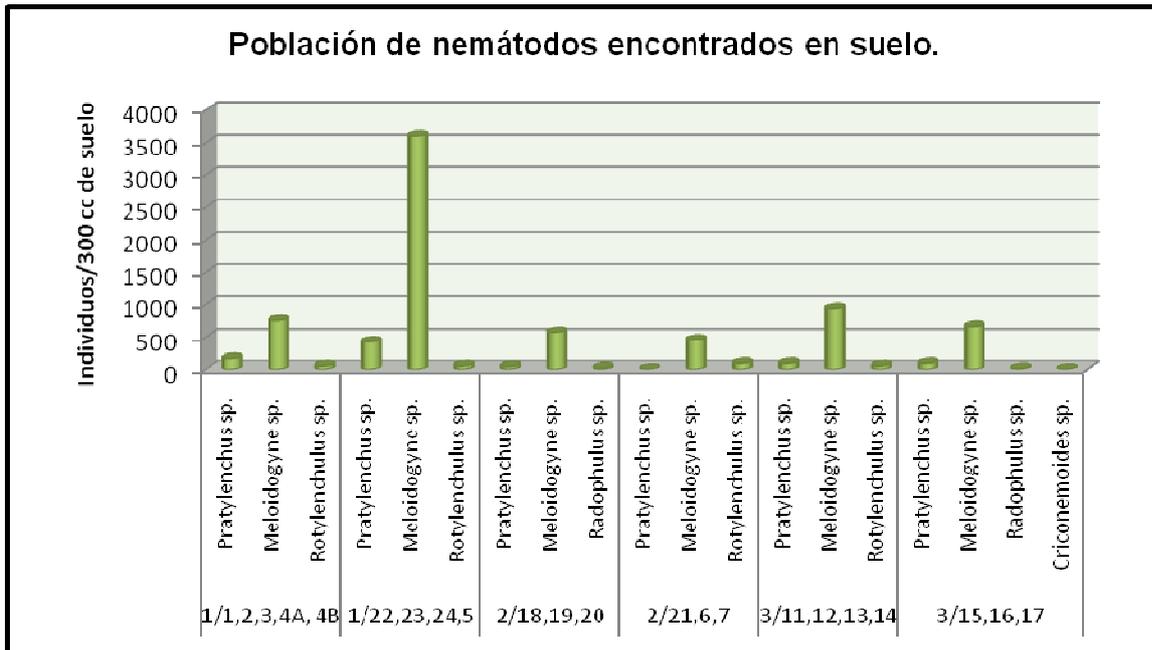
### 3.4.2.4 RESULTADOS

#### 3.2.4.1 Diagnóstico nematológico de suelo y raíces del cultivo de plátano Hawaiano.

La población de y géneros de nemátodos encontrados en una muestra de 300 cc de suelo se detallan a continuación:

Cuadro 26. Resultado de población de nemátodos encontrados en suelo.

Nemátodos encontrados en 300 cc de suelo.			
Muestra	Cable	Agente patógeno	Población
A	1/1,2,3,4A, 4B	<i>Pratylenchus</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp. <i>Rotylenchulus</i> sp.	170 individuos/300cc suelo 760 individuos/300cc suelo 60 individuos/300cc suelo
B	1/22,23,24,5	<i>Pratylenchus</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp. <i>Rotylenchulus</i> sp.	430 individuos/300cc suelo 3610 individuos/300cc suelo 60 individuos/300cc suelo
C	2/18,19,20	<i>Pratylenchus</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp. <i>Radophulus</i> sp.	50 individuos/300cc suelo 580 individuos/300cc suelo 30 individuos/300cc suelo
D	2/21,6,7	<i>Pratylenchus</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp. <i>Rotylenchulus</i> sp.	10 individuos/300cc suelo 460 individuos/300cc suelo 100 individuos/300cc suelo
E	3/11,12,13,14	<i>Pratylenchus</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp. <i>Rotylenchulus</i> sp.	100 individuos/300cc suelo 940 individuos/300cc suelo 60 individuos/300cc suelo
F	3/15,16,17	<i>Pratylenchus</i> sp. <i>Meloidogyne</i> sp. <i>Radophulus</i> sp. <i>Criconemoides</i> sp.	100 individuos/300cc suelo 670 individuos/300cc suelo 20 individuos/300cc suelo 10 individuos/300cc suelo



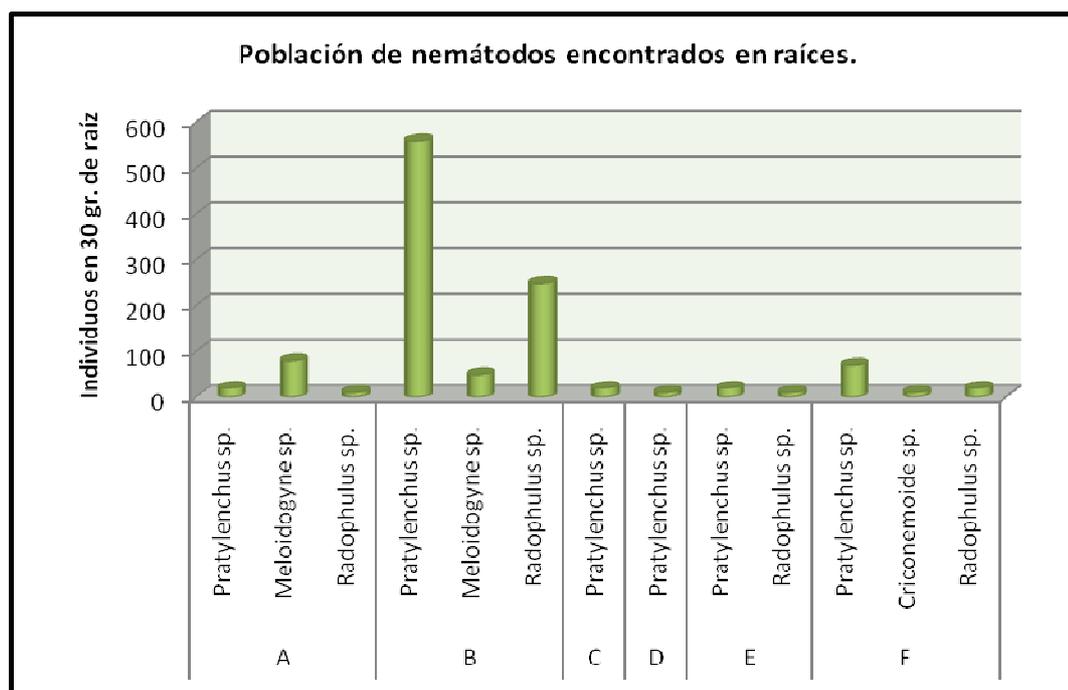
**Figura 29. Población de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo.**

La figura 29 nos indica que el género de nemátodo fitopatógeno que se encuentra en mayor proporción es *Meloidogyne* sp. para la muestra que incluye los cables 22,23, 24 y 5 fue donde más se presentó.

**Cuadro 27. Resultado de población de nemátodos encontrados en raíz.**

Nemátodos encontrados en 30 de raíces.			
Muestra	Cable	Agente patógeno	Población
<b>A</b>	<b>1/1,2,3,4A, 4B</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	20 individuos/30 gr. de raíces
		<i>Meloidogyne</i> sp.	80 individuos/30 gr. de raíces
		<i>Radophulus</i> sp.	10 individuos/30 gr de raíces
<b>B</b>	<b>1/22,23,24,5</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	560 individuos/30 gr de raíces
		<i>Meloidogyne</i> sp.	50 individuos/30 gr de raíces
		<i>Radophulus</i> sp.	250 individuos/30 gr de raíces
<b>C</b>	<b>2/18,19,20</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	20 individuos/30 gr de raíces
<b>D</b>	<b>2/21,6,7</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	10 individuos/30 gr de raíces
<b>E</b>	<b>3/11,12,13,14</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	20 individuos/30 gr de raíces
		<i>Radophulus</i> sp.	10 individuos/30 gr de raíces
<b>F</b>	<b>3/15,16,17</b>	<i>Pratylenchus</i> sp.	70 individuos/30 gr de raíces
		<i>Criconemoides</i> sp.	10 individuos/30 gr. de raíces
		<i>Radophulus</i> sp.	20 individuos/30 gr de raíces

Para cada uno de los análisis de nemátodos, suelo y raíz, el nivel crítico es 100 individuos/100 gr. de suelo o por 30 gr. de raíz. Con esta población y su presencia se encuentran capaces de realizar daño en determinado momento de acuerdo a condiciones favorables para ello.



**Figura 30. Fluctuación de nemátodos fitoparásitos encontrados en raíz.**

Las gráficas mostradas anteriormente demuestran el lote que se encuentra más infestado con nemátodos fitoparásitos, para el caso de nemátodos encontrados en suelo tanto como en raíz, es el 1/22,23,24,5. Importante poner atención a los géneros presentes en mayor cantidad, ya que corresponden a los mismos evaluados en la investigación.

### 3.4.2.5 CONCLUSIONES

Los géneros de nemátodos fitopatógenos asociados al cultivo de plátano hawaiano son *Pratylenchus* ssp., *Meloidogyne* ssp., *Radophulus similis*., *Rotylenchulus* ssp. y *Criconemoides* ssp. El género de nemátodo que se presentó en mayor proporción es *Meloidogyne* sp. como puede verse en el cuadro 26 y 27. Se ve que, tanto los nemátodos encontrados en suelo como en raíz, se encuentra similar población, aunque en géneros como *Radophulus* s. y *Pratylenchus* sp. se encuentran en mayor cantidad en raíz, por ser éstos de hábito endoparásito.

Se representó gráficamente la población de nemátodos encontrados. Como se encuentran las poblaciones de nemátodos fitopatógenos del plátano en el diagnóstico realizado, solo los géneros que sobrepasan población de 100 individuos/100 gr de raíz o 300cc de suelo representan peligro. Los demás géneros no lo representan pero sí se encuentran potencialmente capaces de realizar daño por la presencia, es recomendable realizar enmiendas orgánicas (para favorecer la aireación y filtrado de agua en el suelo) y nematicidas para prevenir el potencial daño de los nemátodos.

### 3.4.2.6 CONSTANCIAS

Análisis nematológico de suelo y raíz realizado en laboratorio de diagnóstico de la Facultad de Agronomía.



Universidad De San Carlos De Guatemala  
Facultad De Agronomía Área De Fitoprotección  
Laboratorio De Diagnóstico Nematológico



**Diagnóstico:** nematodos de suelo y raíces del cultivo de plátano Hawaiano.

**Finca:** SERVARESA

**Ubicación:** Finca Canarias, Entre Ríos, Puerto Barrios Izabal.

**Responsable en la finca:** Ing. Carlos Ortiz.

**Muestras:** 6 de raíz, 6 de suelo

**Resultados:** los resultados del diagnóstico clínico se muestra en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1 Población de nematodos encontrados en suelo.		
Muestra	Agente patógeno	nem/300cc. de suelo
1/1,2,3,4A, 4B	<i>Pratylenchus</i> sp.	170
	<i>Meloidogyne</i> sp.	760
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	60
1/22,23,24,5	<i>Pratylenchus</i> sp.	430
	<i>Meloidogyne</i> sp.	3610
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	60
2/18,19,20	<i>Pratylenchus</i> sp.	50
	<i>Meloidogyne</i> sp.	580
	<i>Radophulus</i> sp.	30
2/21,6,7	<i>Pratylenchus</i> sp.	10
	<i>Meloidogyne</i> sp.	460
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	100
3/11,12,13,14	<i>Pratylenchus</i> sp.	100
	<i>Meloidogyne</i> sp.	940
	<i>Rotylenchulus</i> sp.	60
3/15,16,17	<i>Pratylenchus</i> sp.	100
	<i>Meloidogyne</i> sp.	670
	<i>Radophulus</i> sp.	20
	<i>Criconemoides</i> sp.	10

Edificio TR Ciudad Universitaria zona 12

Figura 31. Resultado de diagnóstico nematológico de suelo.



Universidad De San Carlos De Guatemala  
Facultad De Agronomía Área De Fitoprotección  
Laboratorio De Diagnóstico Nematológico



Cuadro 2 Población de nematodos encontrados en raíces		
Muestra	Agente patógeno	Nem/30 gr de raíces
1/1,2,3,4A, 4B	<i>Pratylenchus</i> sp.	20
	<i>Meloidogyne</i> sp.	80
	<i>Radophulus</i> sp.	10
1/22,23,24,5	<i>Pratylenchus</i> sp.	560
	<i>Meloidogyne</i> sp.	50
	<i>Radophulus</i> sp.	250
2/18,19,20	<i>Pratylenchus</i> sp.	20
2/21,6,7	<i>Pratylenchus</i> sp.	10
3/11,12,13,14	<i>Pratylenchus</i> sp.	20
	<i>Radophulus</i> sp.	10
3/15,16,17	<i>Pratylenchus</i> sp.	70
	<i>Criconeмоide</i> sp.	10
	<i>Radophulus</i> sp.	20

Interpretación: las poblaciones encontradas no ameritan la aplicación de nematicidas.

Recomendación: evaluar y enmendar el suelo materia orgánica mejor si es enriquecida con organismos benéficos.

Laboratorista:

Juan José Pineda

Visto bueno asesor:

Dr. David Monterroso Salvatierra  
Fitopatólogo  
Ing. Agr. Col. 149  
Profesor Titular FAUSAC

Edificio T8 Ciudad Universitaria zona 12

Figura 32. Resultado de diagnóstico nematológico de raíces.

### **3.4.3 Evaluación de un fumigante orgánico (Detruire®) como alternativa de sustitución al N-metilditiocarbamato de Sodio (Metam Sodio) para el control de *Fusarium* spp. en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.), Finca La Puntilla, Estanzuela, Zacapa.**

#### **3.4.3.1 DEFICNICION DEL PROBLEMA**

En la actividad agrícola actual nos resulta de mucho trabajo llegar a producir ya que se poseen muchos factores que inciden negativamente en un sistema de cultivo. Factores fitopatológicos del suelo, como son los hongos, nemátodos y bacterias son de los responsables de no permitir el buen manejo de los sistemas productivos.

Para el control de problemas fitopatológicos de esta índole, como el caso del cultivo del melón, se utiliza un biocida, el cual ha sido utilizado por muchos años para el control de estos patógenos. En pocas palabras, un biocida es un desinfectante de suelo que acaba con los patógenos y otros organismos vivos que se encuentran en él. Dentro de estos otros organismos vivos se encuentran muchos que son de beneficio al cultivo pero que debido al uso de los biocidas se acaba con ellos, dejando estéril el suelo por cierto período de tiempo, pero que después son los organismos patógenos los que colonizan primero al suelo y no permite que se de un equilibrio entre organismos patógenos y organismos benéficos, de tal forma que dañan al cultivo. Se sabe además que el uso de biocidas daña al del medio ambiente (la capa de ozono) y su uso en muchos países ya se encuentra restringido por el daño que ocasiona (11).

De tal manera, es necesario contar con alternativas eficaces y viables que permitan manejar los problemas fitopatológicos del suelo sin intervenir en los organismos benéficos y sin dañar el medio ambiente.

### A. El género *Fusarium* Link

El género *Fusarium* fué descrito por Link en 1915, quien consideró las siguientes características: conidióforos alargados en forma de botella, con ramas a intervalos regulares o verticiladas, septados, individuales o agrupados en esporodoquios; conidios de dos tipos a saber: microconidios elípticos o periformes, unicelulares o bicelulares, no curvados, en cabezuelas o en cadenas; macroconidios falcados, en forma de media luna o elípticos, dos a nueve septas, ápice puntiagudo, roma o en forma de gotero, base puntiaguda, roma o en forma de pié; clamidosporas, si se producen, globosas, ovales o piriformes, individuales o en grupos, intercalares o terminales, uni o bicelulares, lisas o rugosas y generalmente de color café. Fase ascógena: Las especies que se reproducen sexualmente producen peritecios del tipo *Nectria*, *Hypomyces*, *Gibberella* o *Calonectria* (14).

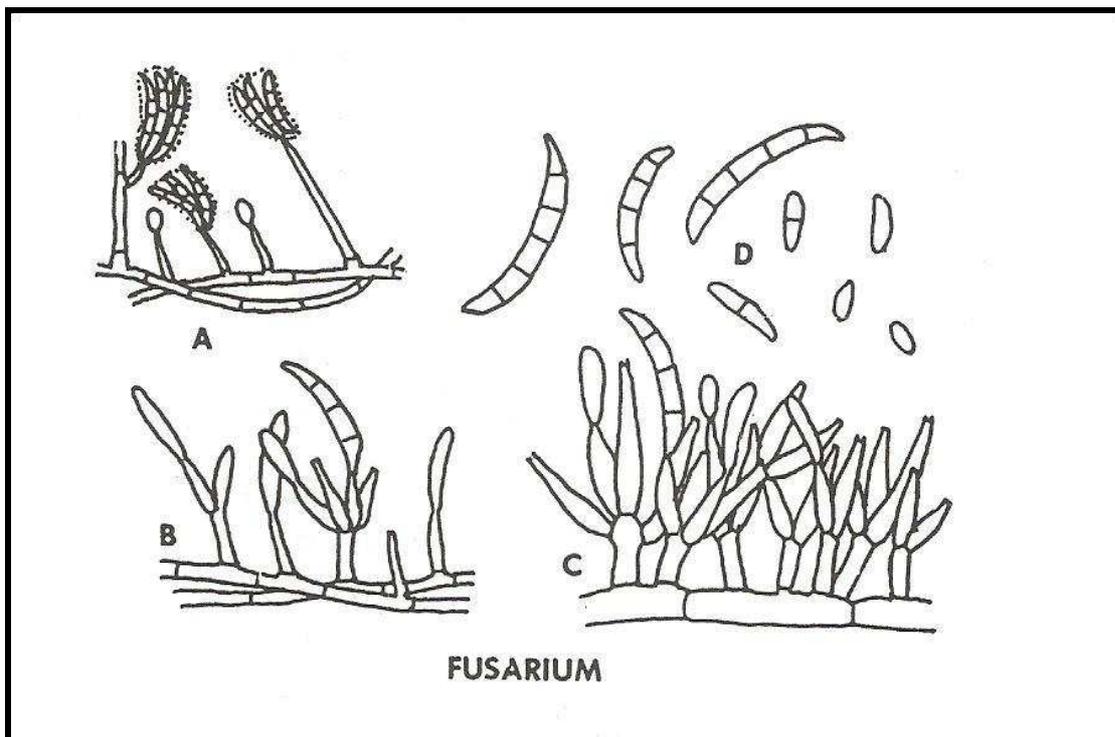


Figura 33. *Fusarium* en su forma original. (A) hifas con conidióforos simples; (B) conidióforos variables; (C) desprendimiento de un esporodoquio formado por la rama de un conidióforo; (D) conidias. Fuente: H.L. Barnett et al. 1998.

**Clasificación:** el arreglo taxonómico dentro del genero *Fusarium* varia según desde el punto de vista de los autores, primero se consideraban 500 especies, al año 1935 Reinking y Wollenweber consideran solo 139, Snyder y Hansen opinan que toda la población fusarial descubierta hasta la fecha puede distribuirse en 10 especies. Los nombres seleccionados y su estructura conidial se presenta a continuación (14).

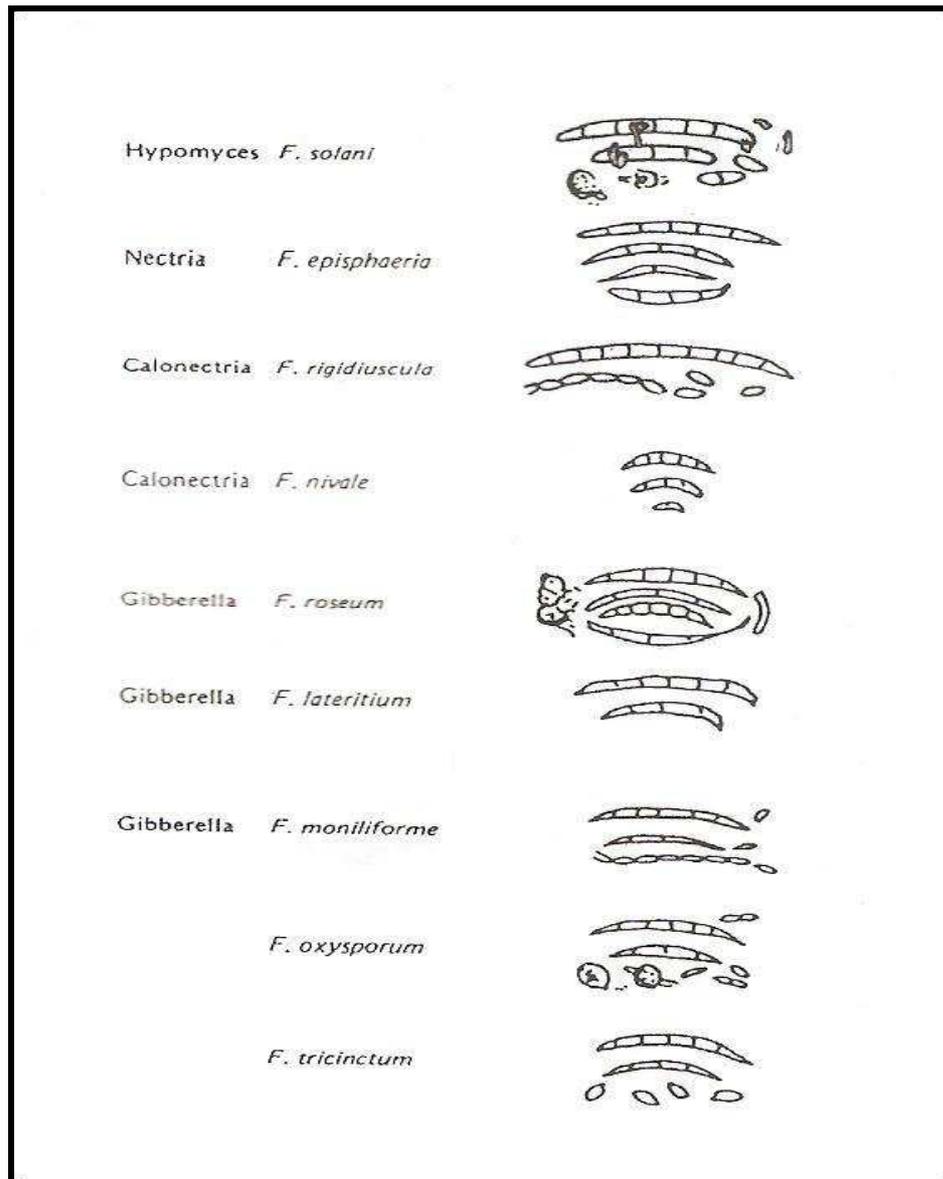


Figura 34. Especies de *Fusarium* y su forma conidial. Fuente: Romero S. 1988.

#### **3.4.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar cual de los dos tratamientos permite el menor número promedio de Unidades Formadoras de Colonias (UCF/gr de suelo) de *Fusarium* spp.
- Determinar cual de los dos tratamientos permite en mayor escala la muerte de plantas.
- Representar gráficamente el comportamiento de Unidades Formadoras de Colonias de *Fusarium* spp.

### 3.4.3.3 METODOLOGIA DE EVALUACIÓN

#### A. Tratamientos

Se llevaron a cabo solo dos tratamientos en tres diferentes campos 3M, 3N y 3Q.

**Tratamiento 1:** Tratamiento orgánico. Fumigación con Detruire®

**Tratamiento 2:** Testigo. Fumigación con N-metilditiocarbamato de Sodio (Metam Sodio)

En el lote 3M solo se evaluó el tratamiento 1 con cuatro diferentes dosis, 80, 100, 120 y 140 litros por hectárea. En el lote 3N se evaluó el tratamiento 1 a dosis de 140 litros/hectárea y el tratamiento 2. En el lote 3Q solo el tratamiento orgánico a dosis de 140 litros/hectárea. El material vegetal utilizado para cada uno de los lotes fue melón tipo Cantaloupe variedad Caribbean.

#### B. Productos a evaluar

- **Tratamiento Orgánico**

**Tipo de Producto:** FUMIGANTE BIOLÓGICO.

**Nombre Comercial:** Detruire®.

El producto a evaluar esta formado a base de levaduras y ácidos orgánicos producidos por bacterias. Dentro de las bacterias que se usan se encuentran las bacterias del ácido láctico, como *Lactococcus* spp, *Lactobacillus* spp, *Pediococcus* spp, *Leuconostoc* spp y *Carnobacterium* spp (12).

Estas bacterias tienen un potencial para inhibir el crecimiento de patógenos; algunas sustancias que forman son el ácido acético, que actúan como antagonismo microbial.

Las bacterias del ácido láctico y ácido acético están asociadas a algunos alimentos fermentados (12).

Estos microorganismos tienen propiedades biopreservativas, a través de la producción de ácido láctico, ácido acético, diacetil, bacteriocin, y otros ácido orgánicos.

- ❖ La actividad antifungal, esta relacionada a los ácidos orgánicos, compuestos proteínicos y dipéptido cíclicos.
- ❖ Antibióticos como reuterociclin producido por *Lactobacillus reuteri*.

- **Composición porcentual**

**Cuadro 28. Descripción de componentes y composición porcentual de producto orgánico.**

Ingrediente activo	%
Acido acético, acetato de metilo, acido nonadecanoico, ester hexadecán-12-oneato de metilo: (equivalente de ingrediente activo 13.05 gr/lt.).	15
Inertes, estabilizadores.	85
<b>Total</b>	<b>100</b>

- **Tratamiento químico**

N-metilditiocarbamato de Sodio (Metam Sodio)

Tipo de Producto: Fumigante químico.

Metam Sodio es un producto químico en estado líquido para fumigación preventiva de suelos, que se convierte en el gas isotiocianato de metilo (MITC) este compuesto, en el suelo tiene una movilidad muy alta y es degradado por acción de los microorganismos (vida media estimada de 0.5 a 50 días). En el agua es eliminado por hidrólisis, mostrando vidas medias de 65 a 178 días a pH 7, de 7 a 10 días a pH 10 y de 15 a 67 días a pH 5. Su potencial de bioconcentración en organismos acuáticos es bajo (2).

Se usa como fumigante de pre-plantación (antes de plantación) y es efectivo en el control de artrópodos, malezas y patógenos del suelo, principalmente hongos. Se aplica al suelo

directamente o a través de cualquier sistema de irrigación para ser sellado con agua evitando fugas del gas o bajo una cubierta de polietileno para tener una mayor eficacia. Metam Sodio tiene que ser aplicado cuando las temperaturas del suelo están entre 15°C y 30°C teniendo en este rango su mayor eficacia, en suelos con temperaturas menores a 15°C su degradación es mas lenta y por lo tanto su persistencia en el suelo es mayor, lo que no sucede en suelos con temperaturas mayores a los 30°C, su degradación es mayor y el trasplante del cultivo puede efectuarse en menor cantidad de días a la aplicación del producto. La dosis de aplicación en sistemas de riego por goteo es de 100 ml / m<sup>2</sup> con formulados al 42.0 % de ingrediente activo (i.a.) (2).

- **Aplicación**

La aplicación de cada uno de los productos se realizó por el sistema de riego antes de la siembra del cultivo, tratando de llevar a cabo las recomendaciones de cada uno de los productos para su aplicación.

### **C. Campos de evaluación**

Los lotes evaluados fueron 3M, 3N y 3Q. En cada uno de los lotes se evaluó diferente dosis. En el lote 3M fue trabajado únicamente con el tratamiento orgánico, se evaluaron 4 dosis, 80, 100, 120 y 140 litros por hectárea, los cuales se encuentran en las válvulas 57-61, 58-62, 59-63 y 60-64 respectivamente.

El lote 3N fue evaluado con los dos tratamientos. El lote 3Q fue trabajado únicamente con tratamiento orgánico a dosis de 140 litros por hectárea.

Los cinco muestreos que se realizaron durante el ciclo del cultivo permitieron evaluar el comportamiento de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/gr de suelo) presente en cada lote. Para la determinación de las UFC fue necesario colocar el suelo en medio de cultivo de Agar V8.

#### **D. Datos de plantas muertas y rendimientos**

Para determinar la cantidad de plantas muertas y el rendimiento de melones se realizó los siguientes pasos: Caminamiento por el campo de cultivo y se define el punto de muestreo aleatorio, se definen 10 puntos de 10 metros lineales cada uno, en cada uno de los lotes evaluados. En cada punto de muestreo se contabilizó la cantidad de melones cosechables y la cantidad de plantas muertas para obtener promedio representativo de cada lote.

#### **E. Análisis Estadístico**

Para la evaluación del producto orgánico Detruire® como alternativa de sustitución al Metam Sodio, se utilizó la táctica de parcelas apareadas simples usando como parcela comparadora el control químico de los mismos que constituye el manejo actual de la empresa.

La comparación permitió evaluar el rendimiento así como la presencia de enfermedades, por medio de muestreos y trabajos de laboratorio. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Diagnostico Fitopatológico de Patógenos del Suelo, de Naturalmente Puresa S.A. Se utilizó la prueba de T Student, analizando los promedios de Unidades Formadoras de Colonias y se determinó cual de los 2 tratamientos presentó mejores resultados en cuanto al control de *Fusarium* sp. en suelo.

### 3.4.3.4 RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el lote de evaluación 3M.

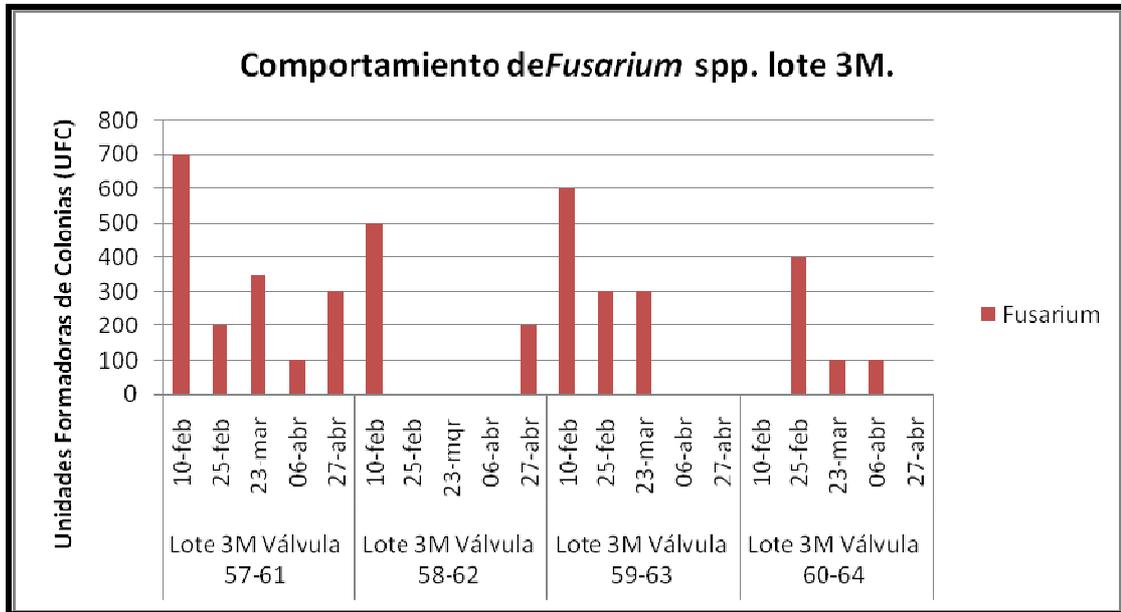


Figura 35. Unidades formadoras de colonias de *Fusarium* spp. en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.), lote 3M Fruta Mundial.

La figura 35 muestra el comportamiento de *Fusarium* spp. durante el ciclo de cultivo. Este lote fue evaluado únicamente con el tratamiento orgánico, las válvulas 57-61 fue trabajado con dosis de 80 litros/hectárea las válvulas 58-62 100 litros/hectárea, las 59-63 con 120 lts/hectárea y las 60-64 con 140 lts/ha. En cada una de las válvulas se ve que antes del tratamiento (10 de febrero) las UFC/gr (unidades formadoras de colonias/ gramo de suelo) se encontraban elevadas, pero después del segundo muestreo disminuyó llegando a cero unidad formadora de colonia en las válvulas 59-63 y 60-64 al final del ensayo. De lo anterior deducimos que las dosis necesarias para obtener un buen manejo de *Fusarium* spp. bajo las condiciones de evaluación son de 120 y 140 litros /hectárea.

En el siguiente cuadro se describe que si existe diferencia entre dosis de aplicación del tratamiento orgánico en el lote de evaluación 3M.

**Cuadro 29. Tabla ANDEVA y Analisis Tukey para las diferentes dosis evaluadas.**

ANDEVA Table	SS	Df	MS	P	
Treatment (between columns)	330.8	3	110.3	0.0006	
Residual (within columns)	398.8	28	14.24		
Total	729.5	31			
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	Q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
80 Litros vs 100 Litros	1.125	0.8432	No	ns	-4.030 to 6.280
80 Litros vs 120 Litros	-6.000	4.497	Yes	*	-11.15 to -0.8450
80 Litros vs 140 Litros	-5.625	4.216	Yes	*	-10.78 to -0.4700
100 Litros vs 120 Litros	-7.125	5.340	Yes	**	-12.28 to -1.970
100 Litros vs 140 Litros	-6.750	5.059	Yes	**	-11.90 to -1.595
120 Litros vs 140 Litros	0.3750	0.2811	No	ns	-4.780 to 5.530

El cuadro 29 indica que las dosis de 120 y 140 litros por hectárea del tratamiento orgánico evaluado en el lote 3M permiten en menor escala el desarrollo de Unidades Formadoras de Colonias de *Fusarium* spp. en el cultivo de melón, de acuerdo a las condiciones de evaluación, Los grupos de tratamientos dados según el análisis postandeva indican que no existe diferencia entre la aplicación de 100 contra 120 y 140 litros por hectárea y el segundo grupo ubica a las dosis de 80 contra 120 y 140 litros por hectárea. A partir de esto se recomienda la aplicación de la dosis que reduzca en mayor medida los costos pero que permita los mismos resultados en el control de *Fusarium* spp.

La siguiente figura muestra los resultados obtenidos en lote de evaluación 3N.

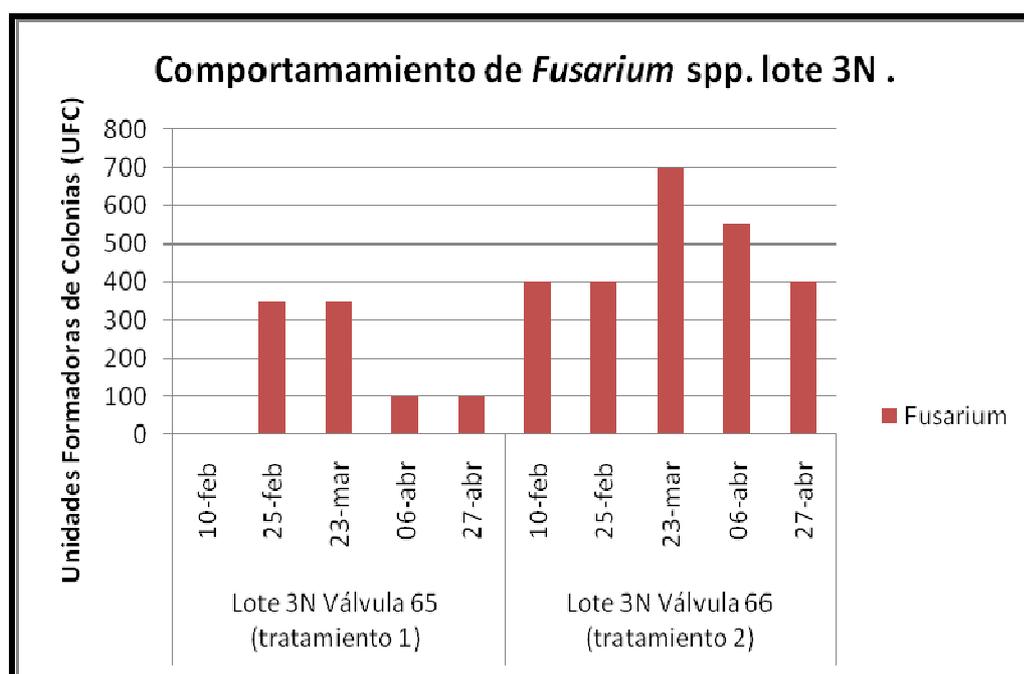


Figura 36. Unidades formadoras de colonias de *Fusarium* spp. en el cultivo de melón (*Cucumis Melo* L.) lote 3N.

La figura 36 muestra el comportamiento de *Fusarium* spp. en el lote 3N, la válvula 65 hace referencia donde se aplicó el tratamiento orgánico y la válvula 66 donde se aplicó el tratamiento testigo. En el tratamiento 2 (testigo) las UFC/gr de suelo, se elevaron más que en el tratamiento 2 (orgánico) tal y como lo indica la gráfica anterior.

Análisis T Studen para datos de medias de Unidades Formadoras de Colonias para *Fusarium* spp., en el cultivo de melón.

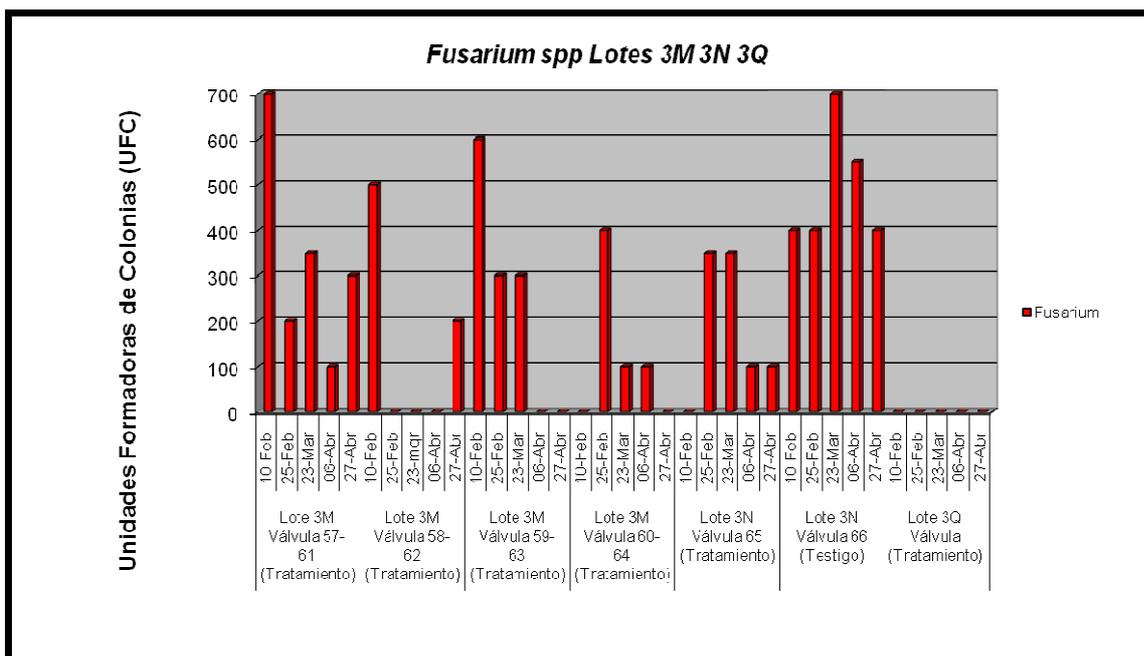
Cuadro 30. Promedio de Unidades Formadoras de Colonias de *Fusarium* spp.

	Tratamiento (UFC/gr de suelo)	Testigo (UFC/gr de suelo)
	0	400
	350	400
	350	700
	100	550
	100	400
Media	<b>180</b>	<b>490</b>

La Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales es 0.01124, (valores por debajo de 0.05 indica diferencia estadística en una distribución normal). Esto nos indica que si existe diferencia significativa entre tratamientos con 95% de confianza, por lo que

decimos que el tratamiento orgánico (como lo indica la figura 34) permite el menor desarrollo de las Unidades Formadoras de Colonias de *Fusarium* sp.

El lote 3Q se encontraba limpio desde el inicio del tratamiento hasta el final del ciclo del cultivo. No existieron unidades formadoras de colonias de *Fusarium* sp.

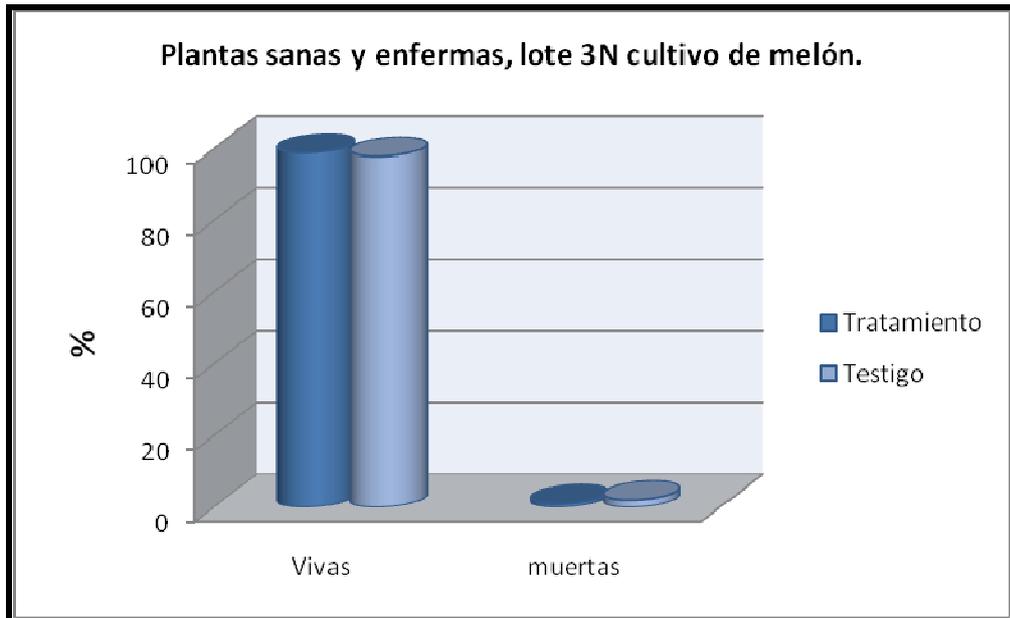


**Figura 37. Comportamiento de colonias de *Fusarium* spp. en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.), lotes 3M, 3N y 3Q Fruta Mundial.**

La figura 37 muestra el comportamiento general de las unidades formadoras de colonias de *Fusarium* spp. de los campos 3M, 3N Y 3Q Fruta Mundial respectivamente.

### A. Análisis de plantas muertas

Se muestrearon 10 puntos de 20 plantas cada uno contabilizando plantas vivas y muertas, muestreado únicamente en lote 3N.



**Figura 38. Porcentaje de plantas vivas y muertas para tratamiento orgánico y tratamiento testigo.**

En la figura 38 podemos ver que tanto en el tratamiento orgánico como tratamiento testigo las plantas se encontraban en su mayoría vivas al final del ensayo, en el tratamiento 1 se encontró un 99% de plantas vivas mientras que en el tratamiento 2 un 98% de plantas sanas, este fue realizado únicamente en el lote 3N.

### **B. Promedio de melones**

Para la evaluación de la cantidad de melones producidos en las válvulas de evaluación se realizó conteo de ocho diferentes puntos dentro del campo de evaluación, cada uno de los puntos con distancia de 10 metros lineales, del cual se obtuvo el promedio de melones de cosecha por metro lineal.

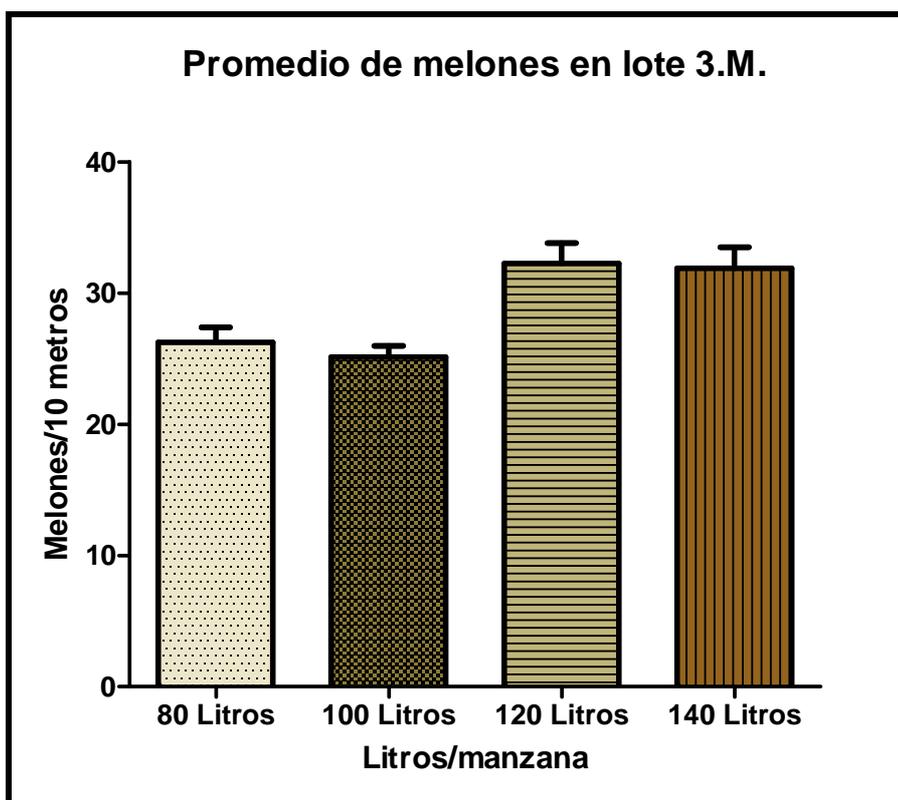


Figura 39. Evaluación del número promedio de melones por metro, lote 3.M

Bajo las diferentes dosis de evaluación del tratamiento orgánico, el número promedio de melones por metro lineal fue distinto. En el lote 3.M el tratamiento que presentó mayor cantidad de melones fueron las válvulas que se les aplicó 120 y 140 litros por hectárea, estas produjeron un promedio de cuatro melones por metro lineal, tal y como lo muestra la figura 39, seguido de las válvulas donde se evaluaron las dosis de 80, 100 litros por hectárea las cuales produjeron en promedio 3 melones por metro lineal.

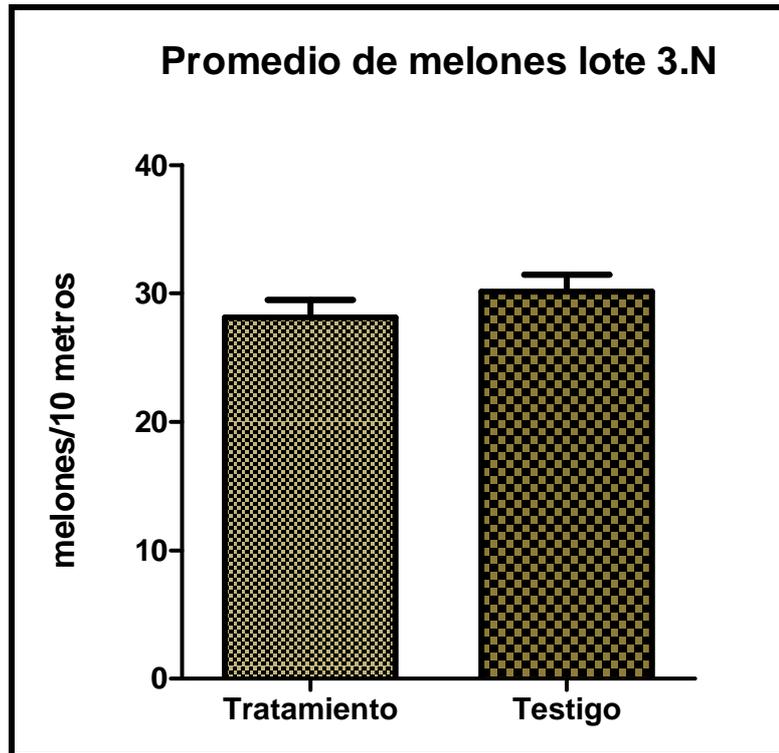


Figura 40. Evaluación del promedio de melones por metro, lote 3.N.

En el lote 3.N, el cual contenía los dos tratamientos, la válvula que contenía al tratamientos 2 produjo en promedio 3 melones por metro lineal y la válvula que contenía al tratamiento 1, 2.8 melones por metro lineal, tal y como lo muestra la figura 40.

### 3.4.3.5 CONCLUSIONES

Si existe diferencia significativa entre tratamientos en cuanto a la cantidad de Unidades Formadoras de Colonias de *Fusarium* spp., en la evaluación llevada a cabo en el lote 3N. El tratamiento orgánico como sustituto presenta la misma efectividad en el control de *Fusarium* sp. que la de un biocida químico. Da lo mismo aplicar el Detruire® (tratamiento orgánico), a dosis de 140 litros/hectárea que el N-metilditiocarbamato (Metam Sodio).

El tratamiento orgánico permitió en menor escala el desarrollo de unidades formadoras de colonias de *Fusarium* spp. que el tratamiento con el biocida químico.

En cuanto al número de plantas muertas, los dos tratamientos presentan el mismo resultado, de los puntos muestreados únicamente existe un 1% de diferencia entre tratamientos.

El comportamiento de *Fusarium* ssp. en cada uno de los lotes muestra un número elevado de unidades formadoras de colonias (UFC/gr de suelo) antes de los tratamientos pero en los siguientes muestreos descendió el número de UFC/gr de suelo. En el lote 3N el testigo presentó mayor número de UFC/gr de suelo, mientras que en el tratamiento orgánico ocurrió lo contrario, existiendo mejor control.

### 3.4.3.6 CONSTANCIAS

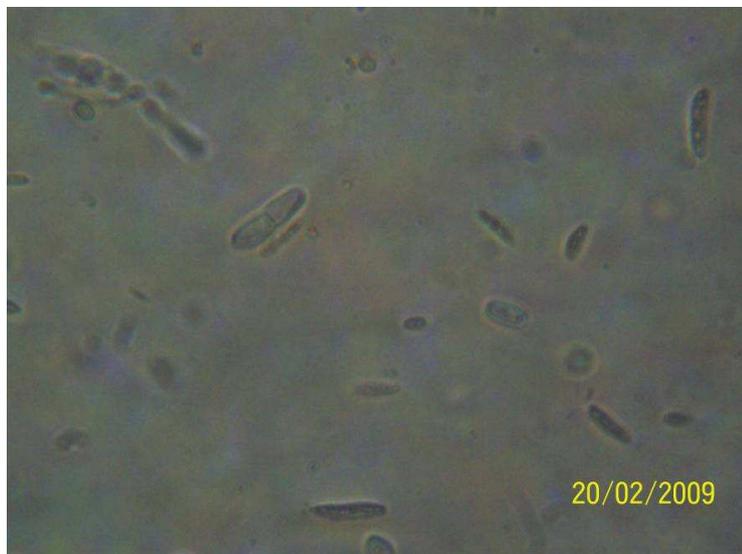


Figura 41. Esporas de *Fusarium* spp., encontradas en las muestras procesadas.



Figura 42. Caja petri mostrando las colonias de *Fusarium* spp., encontradas en las muestras.

### 3.4.3.7 BIBLIOGRAFÍA DE SERVICIOS

1. Agrios, GN. 1996. Fitopatología. 2 ed. México, Limusa. p. 736-779.
2. AMVAC, MX. 2009. Metam sodio (en línea). México. Consultado 14 ene 2009. Disponible en: [http://www.amvac.com.mx/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=19&Itemid=34](http://www.amvac.com.mx/web/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=34)
3. Andrade, M; Rosa, L. 2008. Manual de hongos fitopatógenos. México, Naturalmente Puresa, Departamento de Investigación. 97 p.
4. Andrade, M; Rosa, L. 2008. Manual de fitonemátodos. México, Naturalmente Puresa, Departamento de Investigación. 97 p.
5. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT) 2008. Producción de melón (en línea). Guatemala. Consultado 16 ene 2009. Disponible en: [http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc\\_upie/documentos/ficha\\_melon.pdf](http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/documentos/ficha_melon.pdf)
6. Barnett, HL; Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4 ed. St. Paul, Minnesota, US, APS Press. 218 p.
7. Carrillo, FC. 1996. Nematodos y nematocidas. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, Editorial Universitaria. 90 p.
8. Cepeda Siller, M. 1996. Nematología agrícola. México, Trillas. 305 p.
9. CIH (Common Weatht Institute of Helmin Hocosy, EN). 1975. Descriptions of plant-parasitic nematode. St. Albans, Herts, England. 345 p.
10. Fradejas, A *et al.* 2008. Caña de azúcar y palma africana: combustibles para un nuevo ciclo de acumulación y dominio en Guatemala (en línea). Guatemala, Instituto de Estudios Agrarios y Rurales (IDEAR). Consultado 16 dic 2008. Disponible en <http://www.congcoop.org.gt/design/content-upload/canita.pdf>
11. Naciones Unidas, IT. 1998. Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (en línea). Italia. Consultado 16 ene 2009. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
12. Naturalmente Puresa, MX. 2008. Vademecun: información técnica de los productos de Naturalmente Puresa. Durango, México. 187 p.
13. Quinto, R. 2007. Prevén crecimiento del cultivo de la palma africana en el país (en línea). El Periódico, Guatemala, Guatemala, jun 23:2. Consultado 16 dic 2008. Disponible en <http://www.elperiodico.com.gt/es/20070623/actualidad/40976/>

14. Romero C, S. 1988. Hongos fitopatógenos. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, Dirección del Patronato Universitario. 525 p.
15. Sáenz, ML. 2006. Palma africana (en línea). Managua, Nicaragua, IICA. Consultado 23 jun 2008. Disponible en <http://galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf>
16. Tarjan, AC; Esser, RP; Chang, SL. 1977. Interactive diagnostic key to plant parasitic, freeliving and predaceous nematodes. Nebraska, US, University of Nebraska Lincoln, Nematology Lab. Consultado 23 set 2009. Disponible en <http://nematode.unl.edu/nemakey.htm>