

**MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y  
COSMOPOLITES SORDIDUS (GERMAR) EN EL CULTIVO DE PLÁTANO**

Por

José Carlos Santiago González

Tesis sometida en cumplimiento parcial  
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Protección de Cultivos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2006

Aprobado por:

_____ Rosa A. Franqui Rivera, Ph.D. Miembro, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Nydia E. Vicente Carbonell, M.S. Miembro, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Carlos Flores Ortega, M.S. Miembro, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ José A. Chavarría Carvajal, Ph.D. Presidente, Comité Graduado	_____ Fecha
_____ Lizzette González Gill, Ph.D. Representante de Estudios Graduados	_____ Fecha
_____ Miguel A. Muñoz Muñoz, Ph.D. Director del Departamento	_____ Fecha

## ABSTRACT

Plant-parasitic nematodes and the banana weevil *Cosmopolites sordidus* are recognized as the most limiting factors for plantain production in Puerto Rico. The use of pesticides has been the traditional method for pest control, which has generated environmental and human health problems. A study was conducted at the Isabela Agricultural Experimental Substation to develop integrated management practices for the control of both pests in plantains. The experimental design was a RCB with five treatments and four replicates. Plantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB, cv. 'Maricongo') was used as the planting material. The treatments were: T1. Rotation of velvet bean (*Mucuna deeringiana*) + plantain; T2. Poultry litter (7.3 Kg/plant) + plantain; T3. Rotation of velvet bean + poultry litter + plantain; T4. Chemical control (Nemacur 15G 3.0g a.i./plant/ at 6 and 12 months after planting) + plantain; and, T5. Absolute control. Phytonematode populations were recorded at the end of the first rotation cycle and at intervals of four months thereafter. Eight tramps with pheromone (Cosmolure +) were incorporated in the plots of treatments 1 and 5, to monitor the population levels of *C. sordidus*. Phytonematode levels associated to soil tended to be lower in treatments 1 through 4 in comparison with the absolute control at 8 and 12 month after planting. Absolute control reported a significantly higher number of plant-parasitic nematodes in the root tissue 4 month after planting. Number of galleries and percentage of damage caused by banana weevil larvae was superior in the absolute control in comparison with other studied treatments. Population levels of *C. sordidus* varied during the sampling period, showing the higher peaks during the first 28 weeks. Banana weevil sexual ratio

on adults captured was 0.66 : 0.33. Adults captured showed an aggregated spatial distribution. Poultry litter promoted significantly heavier bunches (16.92 Kg) in comparison with the chemical control (14.58 Kg) and the absolute (13.67 Kg) treatments. Soil incorporation of poultry litter promoted a heavier bunch weight probably due to the development of an antagonistic microflora and the increasing of nutrient supply.

## RESUMEN

Los nematodos fitoparásitos y el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus*, son reconocidos como las plagas más limitantes para la producción de plátano en Puerto Rico. El uso de plaguicidas ha sido el método tradicional de control para ambas plagas, lo que ha generado problemas ambientales y a la salud humana. Se realizó un estudio en la Subestación Experimental Agrícola de Isabela, para delinear prácticas de manejo integrado para el control de estas plagas en plátano. El diseño experimental utilizado fue un BCA, con cinco tratamientos y 4 réplicas. Como material de siembra se utilizó plátano (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB, cv. 'Maricongo'). Los tratamientos utilizados fueron: T1. Rotación de haba de terciopelo (*Mucuna deeringiana*) + plátano; T2. Gallinaza (7.3Kg / planta) + plátano; T3. Rotación de haba de terciopelo + Gallinaza + plátano; T4. Control Químico (Nemacur 15G 3.0g i.a./planta/ a los 6 y 12 meses después de la siembra) + plátano; T5. Control Absoluto. Las poblaciones de fitonematodos se determinaron al final del primer ciclo de rotación y a intervalos de cuatro meses después de la siembra de plátano. Se incorporaron 8 trampas con la feromona (Cosmolure +) en las parcelas de los tratamientos 1 y 5, para monitorear los niveles poblacionales de *C. sordidus*. Las poblaciones de fitonematodos asociados al suelo mostraron una tendencia a menores niveles en los tratamientos 1 al 4, en comparación con el control absoluto a los 8 y 12 meses después de la siembra. El número de individuos asociados al tejido radical fue significativamente más alto en el tratamiento control a los 4 meses después de la siembra. El número de galerías y el daño provocado por la larva del picudo del plátano fue superior en el tratamiento control en comparación con los demás tratamientos bajo

estudio. Los niveles poblacionales de *C. sordidus* variaron a través del periodo de muestreo, registrándose los picos más altos durante las primeras 28 semanas. La razón sexual para los adultos del picudo del plátano capturados fue de 0.66 : 0.33. Los adultos capturados mostraron un patrón de distribución espacial tipo agregado. La gallinaza incrementó significativamente el peso de los racimos (16.92 Kg) en comparación con el control químico (14.58 Kg) y absoluto (13.67 Kg). La incorporación de gallinaza al suelo incrementó el peso de los racimos probablemente debido al desarrollo de una microflora antagonista y a la liberación adicional de nutrientes.

## **DEDICATORIA**

Quisiera dedicar el presente trabajo, primeramente a Dios, que me ilumina y ayuda a ser perseverante en todo momento y situación. Gracias a ti padre por todo, siempre. A mis familiares José A. Santiago Cuevas, Luz E. González Arbona, José A. Santiago González, Lisaura Santiago González, Glorivee Burgos Morales y José A. Santiago Burgos. Gracias por apoyarme siempre y brindarme ejemplo de perseverancia, trabajo duro, responsabilidad, honestidad, amor y humildad. A mi esposa Katherine Quiñones González, gracias por estar a mi lado y ser mi compañera incondicional. Y por último a mi patria Puerto Rico, por servirme de cuna e inspiración.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de los miembros del comité graduado Carlos Flores Ortega, Nydia Vicente Carbonell, Rosa A. Franqui Rivera y en especial a mi mentor José A. Cavaría Carvajal. Muchas gracias Dr. Chavarría por aceptarme como su estudiante, por estar siempre dispuesto a ayudarme y por encaminarme en el arduo pero gratificante proceso investigativo. Gracias al Sr. Luis Cabán (Ayudante de Investigaciones-EEA) Isabela por ofrecerme su desinteresado esmero, experiencia y trabajo realizado en campo. Al Dr. Raúl Macchiavelli por sus sugerencias y consejería en el aspecto estadístico. Gracias por siempre estar dispuesto a atenderme y ser un excelente educador y ser humano. A la Srta. Edna Pérez por su asistencia profesional en el campo y laboratorio. Al personal secretarial del Departamento de Protección de Cultivos, Sra. Jeannette Morales y Sra. Maria Pagán, por su colaboración para conmigo en el transcurso de estos años. A mis compañeras estudiantes Sor Y. Rosado y Mariela González, por su apoyo en fases de campo y laboratorio. Y por último a mis amigos Limari Calero, Yolimar Ramos y al Agro. Jaime Reyes. Gracias por tenderme la mano cuando lo necesité. A todos, muchas gracias. Este trabajo fue financiado por el proyecto T-STAR 92 “Integrated Pest Management of *Cosmopolites sordidus* and Plant-Parasitic nematodes on Plantain”.

## TABLA DE CONTENIDO

Lista de Cuadros.....	x
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Apéndices.....	xii
Introducción.....	1
Objetivos.....	4
Revisión de Literatura	
Nematodos fitoparásitos del plátano.....	5
Métodos de control de nematodos fitoparásitos.....	13
El picudo del plátano <i>Cosmopolites sordidus</i> Germar (Coleoptera:Curculionidae).....	27
Métodos de control de <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	30
Materiales y Métodos	
Descripción del área experimental.....	44
Diseño Experimental.....	45
Muestreo, procesamiento, e identificación de nematodos.....	50
Crecimiento y desarrollo de las plantas.....	51
Evaluación de daños.....	51
Monitoreo y detección de niveles poblacionales de <i>Cosmopolites sordidus</i> (Germar) en el cultivo de plátano .....	51
Análisis estadístico de los datos.....	55
Resultados	
Efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre en el suelo.....	56

Efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la raíz.....	59
Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.....	61
Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plantas volcadas por parcela experimental.....	63
Efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento por planta.....	63
Número de galerías y daño porcentual provocado por <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	68
Monitoreo y detección de los niveles poblacionales de <i>Cosmopolites sordidus</i> (Germar) en el cultivo de plátano.....	68
Discusión	
Poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre.....	74
Crecimiento y desarrollo de las plantas.....	79
Porcentaje de plantas volcadas por parcela.....	82
Rendimiento del cultivo.....	83
Número de galerías y daño porcentual provocado por la larva de <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	84
Monitoreo y detección de niveles poblacionales de <i>Cosmopolites sordidus</i> (Germar) en el cultivo de plátano.....	86
Conclusiones.....	90
Bibliografía.....	91

## LISTA DE CUADROS

1	Efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos en 100 cm <sup>3</sup> de suelo al final del primer ciclo de rotación.....	57
2	Efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos en 100 cm <sup>3</sup> de suelo a los 4, 8 y 12 meses después de la siembra.....	58
3	Efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos en 100 g de raíz a los 4, 8 y 12 meses después de la siembra.....	60
4	Efecto de los tratamientos sobre la altura de planta (cm).....	65
5	Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de la planta (cm).....	65
6	Efecto de los tratamientos sobre el número de hojas funcionales y retoños por planta.....	66
7	Efecto de los tratamientos sobre el número de días de siembra a floración y de siembra a cosecha.....	66
8	Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plantas volcadas por parcela.....	67
9	Efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento por planta.....	67
10	Efecto de los tratamientos sobre el número de galerías y daño porcentual provocado por la larva de <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	70
11	Razón sexual del total de adultos de <i>Cosmopolites sordidus</i> identificados .....	71

## LISTA DE FIGURAS

1	Configuración de sordidin, componente mayoritario de la feromona comercial Cosmolure +.....	42
2	Parcelas de tratamientos que incluyeron un periodo de rotación con haba de terciopelo ( <i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr.).....	47
3	Trozado de la biomasa producida por el haba de terciopelo ( <i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr.) en las parcelas de los tratamientos 1 y 3.....	47
4	Cultivadora incorporando la biomasa seca de <i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr., producida por los tratamientos 1 y 3.....	48
5	Tratamiento 2. Gallinaza aplicada en la parcela a razón de 22.5 toneladas por hectárea.....	48
6	Incorporación de materia orgánica en las parcelas del tratamiento 2.....	49
7	Trampa rampa con feromona comercial (Cosmolure+)®.....	54
8	Cebo (Cosmolure +)® suspendido del techo de la trampa.....	54
9	Promedio de adultos de <i>Cosmopolites sordidus</i> capturados en las trampas de rampa por semana.....	71
10	Regresión lineal para ln (media) vs. ln (varianza) del total de los conteos del picudo del plátano ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ) en las parcelas del tratamiento 1.....	72
11	Regresión lineal para ln (media) vs. ln (varianza) del total de los conteos del picudo del plátano ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ) en las parcelas del tratamiento 5.....	73

## LISTA DE APÉNDICES

1	Análisis estadístico de las variables experimentales.....	102
---	---	-----

## INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa acuminata* x *M. balbisiana* AAB) es el cultivo de mayor importancia económica en Puerto Rico. Para el periodo 2003-04 se produjeron unos 386,246 millares de frutas, que aportaron unos \$56.8 millones a la economía de la Isla. Esto representa un valor porcentual a nivel de la finca de 7.3 % (Departamento de Agricultura de Puerto Rico; 2005). La productividad del plátano se ve afectada por una serie de plagas y enfermedades que disminuyen su rendimiento considerablemente. Entre estos factores de índole biótico, se encuentran varios géneros de nematodos fitoparásitos y el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar) Coleoptera:Curculionidae.

Entre los géneros de nematodos que atacan el plátano en Puerto Rico, se encuentran *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filip. y Schuur-Stekh., *Rotylenchulus reniformis* Lindford y Oliveira, y *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitw. (Oramas, 1986). Los nematodos fitoparásitos atacan las raíces de la planta causando su ennegrecimiento y deterioro. Las lesiones provocadas por los nematodos fitoparásitos se convierten en vía de acceso a bacterias y hongos, que provocan la muerte del tejido radical. Esto interfiere con la traslocación de agua y nutrientes por lo que la sintomatología expresada por la planta asemeja deficiencias nutricionales. Los daños causados por los nematodos fitoparásitos en las raíces reducen el peso de los racimos, provocan el volcamiento de plantas y afectan los retoños imposibilitando su venta o uso para siembras nuevas (Robinson, 1996; Agrios, 1997). La producción de plátano puede disminuir en un 60 por ciento en el primer cosecho, y en un 51 por ciento en segundo cosecho si la principal especie fitoparasítica *R. similis* no se controla (Fogain, 2000).

*C. sordidus* es reconocido como la plaga insectil más destructiva en los cultivos de plátano y guineo en Puerto Rico (Wolcott, 1948). El daño que ocasiona, consiste de perforaciones y túneles que barrena la larva del insecto en el corno, destruyendo los tejidos internos de la planta. Esto limita la traslocación de agua y nutrientes e interfiere con la formación de nuevas raíces. Por consiguiente, provoca marchitez, deterioro y muerte de hojas jóvenes y baja producción en las plantas afectadas. Las plantas con daños severos en el corno pueden partirse y/o volcarse (Robinson, 1996). En países de Latinoamérica, Africa, Asia, y en el estado de la Florida en Estados Unidos, se han reportado pérdidas económicas asociadas al ataque de *C. sordidus* que fluctúan de 0 a 100% (Román et. al., 1982; Arleu and Neto, 1984; Peña et. al., 1993; Gold et. al., 2001).

El control de los nematodos y el picudo del plátano, ha dependido primordialmente de la utilización de plaguicidas (Chavarría-Carvajal and Irizarry, 1997). El uso indiscriminado de estos productos a través del tiempo, ha generado serios problemas que incluyen la resistencia adquirida de la plaga al producto (Shanahan and Goodyer, 1974; Collins, et. al, 1991), la degradación acelerada y pérdida de efectividad del químico (Johnson, 1996), la contaminación ambiental y problemas de salud en humanos (Chavarría-Carvajal et al., 2000). Como consecuencia varios de estos productos han sido eliminados del mercado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), y pone en riesgo a los que se encuentran disponibles. Ante este panorama, resulta indispensable, la búsqueda de estrategias alternas al uso de plaguicidas para el control de nematodos fitoparásitos y picudo en el plátano.

Un enfoque de manejo orientado hacia la integración de varias medidas de comprobada efectividad y ambientalmente amigables podría reducir la dependencia en el

uso de plaguicidas en la agricultura. Entre estas prácticas se pueden mencionar la rotación de cultivos, la aplicación de enmiendas orgánicas en los suelos y la captura de *C. sordidus* por medio de trampas con atrayentes. La meta de este ensayo fue la de estudiar el efecto de la rotación de cultivos y la aplicación de materia orgánica sobre los niveles poblacionales de nematodos fitoparásitos del plátano. También tuvo como propósito el monitorear los niveles poblacionales de *C. sordidus* mediante el uso de trampas con atrayentes en una siembra de plátano. El objetivo a largo plazo es el desarrollo de un programa de manejo integrado de estas plagas en plátano que promueva la utilización sustentable de los recursos agrícolas y beneficie la industria de este cultivo en Puerto Rico.

## OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio fueron los siguientes:

- Desarrollar un programa de Manejo Integrado de nematodos fitoparásitos y *Cosmopolites sordidus* (Germar) en plátano, con el fin de suprimir y/o reducir estas plagas en el cultivo.
- Estudiar la efectividad de la rotación de cultivos y la aplicación de materia orgánica para el control de nemátodos fitoparásitos y el rendimiento del cultivo.
- Monitoreo y detección de niveles poblacionales de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en el cultivo de plátano.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### I. Nematodos fitoparásitos del plátano

#### A. *Radopholus similis* (Cobb) Thorne (nematodo barrenador)

##### Distribución:

Entre los géneros de nematodos fitoparásitos que atacan al plátano, *Radopholus similis* es considerado como el más dañino y de una mayor distribución a nivel mundial. Este se encuentra diseminado a través de la banda tropical con la excepción de algunas áreas al sur de Méjico y Mozambique, y en el sub-trópico a excepción de Islas Canarias y Taiwán (Stover and Simmonds, 1987; Robinson, 1996). También aparenta estar ausente en zonas elevadas de producción al este de África (Gowen and Quénéhervé, 1990). En Puerto Rico, el nematodo barrenador se encuentra ampliamente distribuido, encontrándose en mayor número en áreas donde se ha sembrado plátano tradicionalmente (Oramas and Román, 1982).

##### Hospederos:

Además de atacar plantas pertenecientes al género *Musa* spp., *R. similis* se ha encontrado asociado a otros cultivos como maíz, sorgo, habichuela, caña, arroz, algunas ornamentales y a varios yerbajos (Stover and Simmonds, 1987). En Puerto Rico además de los cultivos de plátano y guineo se ha encontrado parasitando al café (Román, 1978). Se ha sugerido la existencia de distintas razas biológicas de este nematodo, debido a que una planta puede ser hospedera del nematodo en un área específica y en otra no serlo. Esto se ha encontrado en individuos del estado de la Florida en Estados Unidos que parasitan musáceas y cítricas, mientras que en otros lugares como lo es el caso de Puerto Rico no se han encontrado asociadas a cítricos (Román, 1978). Sin embargo, los criterios

que hacen distintas las razas biológicas además del comportamiento requieren aclararse, debido a que existen poblaciones clasificadas en distintas razas que portan el mismo número de cromosomas. Este es el caso particular de poblaciones en Puerto Rico y la Florida. Siendo la constitución genética uno de los criterios de separación entre razas resulta meritorio la aclaración de los mismos (Rivas y Román, 1985; Gowen and Quénéhervé, 1990).

#### Patogenicidad:

La penetración del nematodo barrenador puede efectuarse en cualquier punto de la raíz, aunque su vía principal de entrada es a través de los ápices radiculares. Luego de su entrada, el nematodo se aloja en el tejido parenquimatoso alimentándose del citoplasma celular. Los núcleos y nucleolos de las células adyacentes al cuerpo del nematodo se agrandan y eventualmente se desintegran. Esto tiene como consecuencia la ruptura de las paredes celulares, que a su vez provocan la formación de cavidades. Según se desplaza el nematodo en busca de alimento, estas cavidades se van ensanchando (Stover, 1972). Las lesiones provocadas por *R. similis* en la corteza de la raíz se van necrotizando y hendiendo. Las hendiduras exponen el tejido vascular que eventualmente es invadido por patógenos secundarios que causan la muerte de la raíz. El nematodo también invade el corno de la planta ocasionando lesiones y necrosis de los tejidos (Román, 1978). Aunque la invasión de los tejidos del corno no afecta directamente la planta, si puede servir como sustrato para el incremento poblacional del nematodo que luego se desplaza a las raíces (Stover and Simmonds, 1987). En estudios de patogenicidad en plátano realizados en Puerto Rico, Oramas (1986) encontró que *R. similis* genera cambios a nivel celular que incluyen la hipertrofia del núcleo y nucleolo. También provoca lesiones

deprimidas en las raíces que alteran su anatomía. En esta investigación, *R. similis* causó un 85% de la necrosis observada en los tejidos radicales siendo la especie más patogénica del complejo de fitonematodos que ataca al plátano (Oramas, 1986).

Daño:

Las plantas afectadas por *R. similis*, presentan una reducción sustancial de su sistema radical que impide el transporte vascular de agua y nutrimentos. En consecuencia se observa pobre crecimiento, reducción en el tamaño y número de hojas, defoliación prematura y frutos reducidos en tamaño (Agrios, 1997). También se puede observar el volcamiento de plantas especialmente con racimos, debido al pobre anclaje que ofrecen las raíces severamente infestadas con el nematodo (Robinson, 1996). El volcamiento de las plantas es el factor principal de pérdida monetaria, que no solo disminuye considerablemente la producción, sino que también afecta la habilidad de la planta para producir retoños (Román, 1978; Stover and Simmonds, 1987). *R. similis*, también ejerce un efecto directo y marcado sobre los retoños del plátano. Este puede necrotizar un 85 por ciento del sistema radical de retoños derivados de plantas susceptibles, y por consiguiente contribuye al decaimiento de la producción (Fogain and Gowen, 1997). Según Román (1978), los rendimientos de la primera cosecha son relativamente altos. Sin embargo, la segunda cosecha se ve tan afectada que hace de su producción una no rentable para el agricultor. Existen reportes de estudios realizados en Puerto Rico con el cultivar de plátano Maricongo, que indican que la producción de la plantilla, primer y segundo cosecho, puede disminuir en un 43, 95 y 92 por ciento respectivamente (Román, et al., 1977). Como consecuencia de la reducción en la productividad de las plantaciones,

el agricultor se ve obligado a resembrar anualmente y los gastos que esto conlleva son muy elevados (Agrios, 1997).

### **B. El nematodo lesionado *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filip. y Schuur-Stekh.**

#### Distribución:

El nematodo *Pratylenchus coffeae*, se encuentra muy bien distribuido en todo el mundo (Gowen and Quénéhervé, 1990). Sin embargo, es más común encontrarlo en varios tipos de musáceas a través de los trópicos (Robinson, 1996). A diferencia de otras especies asociadas al cultivo de plátano, *P. coffeae* no está bien distribuido en Puerto Rico. Este se ha encontrado en altas densidades poblacionales en aquellas áreas de la Isla que han sido utilizadas tradicionalmente para la siembra de café (*Coffea* spp.) (Oramas and Román, 1982).

#### Hospederos:

Según Román (1978), *P. coffeae* se ha encontrado asociado a varios cultivos que incluyen café, cacao, caña, cítricas, hortalizas, guineo y plátano. En Puerto Rico se ha encontrado asociado a los cultivos de café, ñame (Román 1978), guineo (Chavarría-Carvajal, 1988) y plátano (Oramas and Román, 1982).

#### Patogenicidad:

En estudios de patogenicidad de *P. coffeae* en plátano, Pinochet (1978) encontró que luego de que el nematodo hace su entrada a la raíz se mueve a través y entre las células de la corteza, donde produce el mayor daño. La migración ocurre de tejidos moderadamente dañados a tejidos saludables de forma paralela al tejido vascular. En este proceso va depositando huevos que dan lugar a nuevas larvas. La colonización del

nematodo en las raíces adventicias produce grandes cavidades en los tejidos parenquimatosos. En este estudio se observaron lesiones necróticas en todo el sistema radical. Observaciones similares fueron reportadas por Oramas (1986) en pruebas de patogenicidad realizadas en Puerto Rico utilizando clones de plátano cultivar Maricongo. Según este investigador, *P. coffeae* produjo lesiones de tamaño variable en los tejidos corticales que indujeron la necrosis de un 85 por ciento o más del sistema radical. Aunque menos extensivo, el daño provocado por *P. coffeae* es muy parecido al causado por *R. similis* (Robinson, 1996). Una diferencia notable entre los efectos histopatológicos provocados por ambas especies, es que *P. coffeae* no causa el agrandamiento del núcleo y nucleolo celular, mientras que *R. similis* puede provocar este efecto (Pinochet, 1978; Oramas, 1986).

#### Daño:

*P. coffeae*, es una plaga severa en el cultivo de plátano (Robinson, 1996). Los síntomas asociados al ataque del nematodo lesionador son similares a los descritos para *R. similis*. Entre estos se incluye el alargamiento del ciclo vegetativo, reducción en el tamaño y número de hojas, reducción en el peso del racimo, reducción en el tiempo de vida útil de las plantaciones y el volcamiento de las plantas (Gowen and Quénéhervé, 1990). Stover (1972) reporta pérdidas asociadas al ataque de *P. coffeae* que ascienden a 62 por ciento en Honduras. En Puerto Rico se encontró que las altas densidades de *P. coffeae* y *R. similis* están directamente relacionadas a síntomas de deterioro radical severo y pobre desarrollo del vástago (Oramas and Román, 1982).

### **C. El nematodo nodulador *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitw.**

#### Distribución:

La especie *Meloidogyne incognita*, se encuentra comúnmente distribuida en zonas tropicales y subtropicales caracterizadas por clima predominantemente cálido (Taylor y Sasser, 1983). En el caso de Puerto Rico, *M. incognita* se encuentra diseminado a través de toda la isla. (Oramas and Román, 1982).

#### Hospederos:

Las especies dentro del género *Meloidogyne* atacan aproximadamente unas 2,000 plantas que incluyen casi todas las que se cultivan (Agrios, 1997). La especie *Meloidogyne incognita* ataca la mayoría de los cultivos de importancia económica y la mayoría de las hortalizas, provocando mermas considerables en muchos de éstas. (Taylor y Sasser, 1983). En el caso particular del plátano, *M. incognita* es uno de los nematodos más abundantes y frecuentemente asociados a este cultivo en Puerto Rico (Oramas and Román, 1982).

#### Patogenicidad:

En estudios de patogenicidad de diferentes nematodos en plátano, Oramas (1986) encontró que luego de la entrada del nematodo nodulador a la raíz, este migra entre las células de la corteza hasta los tejidos vasculares. Una vez allí actúa sobre las células parenquimatosas del cilindro vascular generando la formación de células gigantes que sirven para su alimentación. El proceso de hipertrofia en estas células puede estar acompañada de la multiplicación o hiperplasia de células adyacentes al cuerpo del nematodo. Estos cambios en la mayoría de los casos generan el engrosamiento de la raíz y la formación de agallas (Taylor y Sasser, 1983). Si estos procesos ocurren en las

regiones meristemáticas, el crecimiento de la raíz puede afectarse o detenerse. A diferencia de otros nematodos, *Meloidogyne* no afecta el cormo de las plantas infestadas (Román, 1978).

#### Daño:

Los daños típicos que provocan los nematodos noduladores en las raíces de musáceas es el agallamiento, alteración y bifurcación de las raíces primarias y secundarias (Gowen and Quénéhervé, 1990). Por otro lado, estos daños no han sido constatados como significativos a nivel económico. Según Stover (1972), se han obtenido buenos rendimientos en plantas que manifiestan estos síntomas, indicando que el cultivo tolera altas poblaciones de nematodos noduladores sin la reducción de su crecimiento. No se ha encontrado en plátano que los niveles poblacionales altos de la especie *M. incognita* esten asociados con daños significativos a la raíz (Oramas y Román; 1978). Existen reportes que sitúan a *Meloidogyne* spp. como plaga de musáceas. Sin embargo, ha sido en países donde no existen especies más patogénicas que ataquen el cultivo (Robinson, 1996).

#### **D. El nematodo del riñon *Rotylenchulus reniformis* Lindford y Oliveira**

##### Distribución:

*Rotylenchulus reniformis* se encuentra tanto en los trópicos como en los subtrópicos (Oramas, 1986). Está diseminado en todo Puerto Rico y es la cuarta especie mejor distribuida entre los nematodos asociados al cultivo de plátano (Oramas y Román, 1978; Oramas and Román; 1982).

##### Hospederos:

Según Oramas, (1986) *R. reniformis* posee 115 especies hospederas de las cuales las familias Leguminosae, Cucurbitaceae, Malvaceae y Solanaceae son preferidas por el

nematodo. La presencia de *R. reniformis* es común en áreas cultivadas con musáceas y generalmente en altas densidades poblacionales (Gowen and Quénéhervé, 1990).

Patogenicidad:

*R. reniformis* logra acceso a los tejidos meristemáticos internos de la raíz del plátano a través de las células de la endodermis. Es en la endodermis donde forma un lugar de alimentación o sincitio compuesto de 8 a 12 células que se extienden alrededor del periciclo. Las células de alimentación sufren de la hipertrófia del núcleo y nucleolo (Oramas, 1986).

Daño:

El nematodo reniforme se alimenta de las raíces secundarias y destruye la corteza radical creando vías de acceso a organismos oportunistas. Esto contribuye posiblemente al cuadro sintomatológico que se observa en el plátano (O' Farril, 1982). A densidades de dos mil larvas por planta y en ausencia de otras especies fitoparasíticas, *R. reniformis* produce necrosis en los puntos que infecta. Sin embargo no se asocia a daños significativos en plátano (Oramas, 1986). Por otro lado, a densidades que fluctúan de 50 y 100 mil nematodos por planta y en ausencia de otras especies, puede reducir significativamente la altura y peso seco del follaje (O' Farril, 1982). Según Román, (1978), las altas densidades poblacionales de *R. reniformis* pueden causar mermas en la producción de plátano. Esto, en ausencia del nematodo barrenador *R. similis*. El ataque del nematodo reniforme esta influenciado por la presencia de las especies *R. similis* y/o *P. coffeae* debido a que estas provocan un alto porcentaje de necrosis que reduce las áreas de alimentación para especies sedentarias como *R. reniformis*. Por otro lado, Gowen y Quénéhervé, (1990) afirman que en zonas cultivadas, *R. reniformis* se encuentra siempre

en conjunto con otras especies identificadas como plaga principal. Debido a esto, no existe investigación concluyente que sitúe a *R. reniformis* como plaga del cultivo.

## **II. Métodos de control de nematodos fitoparásitos**

El control de nematodos fitoparásitos envuelve la utilización de compuestos químico-sintéticos y de ciertas prácticas culturales dirigidas a reducir el volcamiento de las plantas en predios cultivados (Stover and Simmonds, 1987).

### **A. Control Químico**

Uno de los métodos más comunes para el control de patógenos que atacan plantas es el uso de compuestos de origen químico-sintéticos. Estos compuestos surten efectos tóxicos tales como la inhibición del crecimiento y desarrollo del patógeno, o causar su muerte directamente. Algunos de estos productos son de acción dual y son activos contra nematodos y también insectos (Agrios, 1997). En la actualidad, el uso de compuestos químicos o plaguicidas, es el método mayormente empleado para el control de los nematodos que atacan al plátano en Puerto Rico (Chavarría-Carvajal and Irizarry, 1997). Las prácticas utilizadas para la aplicación de estos productos se efectúan en tratamientos dirigidos a los periodos pre-siembra y/o post siembra del cultivo.

#### Tratamiento pre-siembra:

En Puerto Rico, Irizarry y colaboradores (1979) evaluaron la germinación y el control de nematodos fitoparasitos en cormos de plátano (cv Maricongo) tratados con soluciones de los nematicidas carbofuran, fensulfotion, ethoprop y phenamiphos. Los cormos se sumergieron por diez minutos a concentraciones de 1,400, 2,800 y 4,200 ppm por producto, obteniéndose una reducción de 95 % en las poblaciones iniciales de fitonematodos. La germinación de las plantas a las 5 semanas después de la siembra no

se vio afectada por la aplicación de los diferentes tratamientos. No se realizó comparación alguna entre los tratamientos con nematicida pre-siembra y el tratamiento control, debido a que las plantas en este último, murieron a causa de las altas poblaciones iniciales de fitonematodos. Por otro lado se realizaron comparaciones entre los tratamientos con nematicida a varios meses después de la siembra, resultando más efectivos los productos ethoprop, fensulfothion y phenamiphos. Según estos investigadores, estos compuestos penetran mejor en los tejidos del cormo en comparación con el compuesto carbofuran.

Chavarría Carvajal e Irizarry (1997), estudiaron el efecto del compuesto phenamiphos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos en cormos de plátano. Este se aplicó presiembra a razón de 2,500 mg/kg, solo y en combinación con tratamientos post siembra de formulaciones granulares de los compuestos aldicarb, carbofuran, ethoprop y phenamiphos. Según estos investigadores, el tratamiento presiembra combinado con la aplicación granular de 12 gramos de ingrediente activo por año del compuesto ethoprop, aumentó la efectividad del control de nematodos en comparación con dosificaciones más altas recomendadas por la etiqueta del producto, sin la aplicación presiembra de phenamiphos. En este tratamiento no se encontraron larvas de fitoparásitos a lo largo del ciclo fenológico del cultivo.

#### Tratamiento post siembra:

En la actualidad, los nematicidas de mayor uso son formulaciones granulares y/o concentrados emulsificables de compuestos organofosfatados y/o carbamatos (Stover and Simmonds, 1987; Thomason and Caswell, 1987; Gowen y Quénéhervé, 1990). En Puerto Rico se realizaron varios experimentos para determinar la eficacia de compuestos con

propiedades nematicidas. Román y colaboradores (1976), evaluaron el efecto de compuestos organofosfatados, carbamatos e hidrocarburos halogenados sobre las poblaciones de fitonematodos y el rendimiento promedio de plátano (cv. Enano) en tres ciclos de cosecha. Los mejores compuestos nematicidas en este experimento lo fueron las formulaciones granulares de phenamiphos, fensulfotion, ethoprop, aldicarb, carbofuran y oxamyl. También resultó eficaz la formulación en concentrado emulsificante del compuesto (1,2-dibromo-3-cloropropano), a los 4 y 6 meses después de la siembra, no así su formulación granular. Tampoco fueron efectivas las formulaciones líquidas de los compuestos bromuro de etileno y el 1,3-dicloropropano-1,2-dicloropropano. Con la excepción de estos últimos, las poblaciones de fitonematodos en el resto de los tratamientos experimentales fueron más bajas con respecto al control. Además, estos tratamientos obtuvieron mayores rendimientos en comparación al control, obteniéndose un promedio de al menos, o sobre las 71, 412 frutas/ha y 16.0 tm/ha en tres ciclos de cultivo. Según estos investigadores, las formulaciones granulares tienen la ventaja de ser fáciles de aplicar, y en ese sentido, son económicamente viables puesto que se pueden reducir los costos que envuelve la mano de obra.

Román y colaboradores (1977), documentaron resultados similares al probar la eficacia de varias dosificaciones de los compuestos fensulfotion 15% (17, 33 y 66 g/planta), ethoprop 10%(28, 56 y 112g/planta) y carbofuran 10% (28, 56 y 112g/planta), en el control de nematodos de plátano (cv. Maricongo). Estos productos fueron aplicados al momento de la siembra y luego cada seis meses después de la siembra. Todas las dosificaciones empleadas en este estudio controlaron eficazmente los nematodos fitoparasitos, incrementaron el rendimiento del cultivo en un 207 a 275 por ciento sobre el

control y extendieron su productividad por tres ciclos consecutivos. Se observó una relación entre las dosificaciones y el control de *R. similis* en una de las localidades experimentales. Sin embargo, no se observó una relación directa entre las dosis y los rendimientos obtenidos.

Otros experimentos de Román y colaboradores (1979) se han dirigido en el estudio de la eficacia de estos productos por medio de la reducción de las dosis e intervalos de aplicación recomendada por otros ensayos. Estos investigadores comprobaron que los productos fensulfothion (2.1 y 4.2 g i.a./planta) y carbofuran (1.4 y 2.8 g i.a./planta) aplicados al momento de la siembra y cada cuatro meses, son efectivos en la reducción de las poblaciones de nematodos y aumentan el rendimiento de las plantas. Según Román y colaboradores (1979) las dosificaciones y tiempos de aplicación más bajos a los recomendados para estos productos (5.6 y 8.4 g i.a./planta/ aplicados al sembrar y cada seis meses), son efectivos en el control de la plaga y reducen los costos de producción.

### **B. Control cultural**

Existen métodos de control dirigidos a reducir las poblaciones del patógeno en un área, en una planta, o en partes de esta. Muchos de estos se basan en la implantación de una o varias prácticas agronómicas para lograr tal objetivo. A estas prácticas se le conocen como métodos de control cultural y difieren del control químico en el periodo que toman para surtir su efecto. Generalmente la acción de los compuestos químicos es rápida, mientras que los efectos del control cultural son relativamente lentos (Agrios, 1997). Entre las prácticas culturales más utilizadas para el control de nematodos fitoparásitos se encuentran la rotación de cultivos, el uso de plantas antagónicas, la

aplicación de enmiendas orgánicas, entre otros (McSorley, 1998). Estas se detallan a continuación:

Prácticas fitosanitarias:

En los cultivos de plátano y guineo se realizan otras prácticas de control cultural, dirigidas a eliminar parte de la infección provocada por nematodos en el material de siembra. No de estos es el mondado de cormos que consiste de la remoción de todo el tejido lesionado que porte este material. Primero se descartan las bases de las hojas y luego todo el tejido que presente lesiones color, violáceas, rojizas o necróticas, hasta exponer en la base solo el tejido blanco (Román, 1978). Esta práctica se realiza con cuchillos o machetes afilados fuera de los predios donde se obtuvo el material, para evitar la reinfección. Los cormos deben tener un tamaño aproximado de 15 cm, ya que pueden mondarse mas profundo sin que se afecte su germinación. El mondado de los cormos no remueve en su totalidad la infección de nematodos en los tejidos y generalmente se complementa con tratamientos a base de nematicidas (Gowen y Quénéhervé, 1990).

Otro método de control de nematodos dirigido al material de siembra, es el tratamiento con agua caliente. Esto se realiza sumergiendo los cormos en tanques con agua a una temperatura de 55 ° C, por periodos que varían entre 15 y 25 minutos. Aunque esta técnica resulta más efectiva que los tratamientos químicos, el manejo en la práctica resulta complicado, debido al balance crítico que necesita mantenerse entre la temperatura letal a nematodos y una temperatura que no provoque daños al material de siembra. Cuando la germinación de los cormos se ve afectada, el manejo de la temperatura no fue el adecuado (Stover, 1972, Gowen y Quénéhervé, 1990).

### Rotación de cultivos:

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado para el control de nematodos fitoparásitos (Duncan, 1991; Rodríguez-Kábana, et al. 1992). Este método consiste de la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un periodo determinado (Agrios, 1997). Tiene como propósito reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, para que luego sea conveniente la producción del cultivo de interés (Barker and Koenning, 1998). Esta práctica mejora las propiedades fisico-químicas del terreno y rompe con el ciclo de plagas y enfermedades que afectan los cultivos. Por consiguiente aumentan tanto los rendimientos del cultivo principal como las ganancias del agricultor (Widmer, et. al. 2002). Kokalis-Burelle y colaboradores (2002) evaluaron el efecto de la rotación de la gramínea *Panicum virgatum* y maní (*Arachis hypogaea* L.) como cultivo principal, en las poblaciones de *Meloidogyne arenaria* y los cambios en la flora microbiana del suelo después de un periodo de rotación. Luego de 3 años, la gramínea no reflejó población alguna de nematodos noduladores, a diferencia del tratamiento control sembrado con maní. Los tratamientos donde se rotó con *P. virgatum* mantuvo altas poblaciones de nematodos de vida libre y una flora bacteriana distinta a la encontrada en la rizósfera de las plantas de maní cultivadas por varios ciclos consecutivos. Davis y colaboradores (2003) estudiaron el efecto de un ciclo de rotación con maíz (*Zea mays* L.) y un cultivar resistente de soya (*Glycine max*), en las poblaciones de nematodos fitoparásitos que atacan el algodón (*Gossypium hirsutum*), principalmente *Rotylenchulus reniformis*. Luego de un año, las poblaciones de *R. reniformis* en los tratamientos de rotación con soya o maíz fueron significativamente más bajas que en los tratamientos donde se cultivo

algodón por dos ciclos consecutivos. Los rendimientos de algodón aumentaron luego del periodo de rotación en la mayoría de las localidades experimentales.

En Puerto Rico, Román y colaboradores (1974) estudiaron el efecto de la rotación de la yerba Pangola (*Digitaria decumbens*) con plátano sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y el rendimiento del cultivo. Los tratamientos de rotación se realizaron en parcelas donde se había sembrado plátano (cv. Enano), y luego se estableció la yerba Pangola en periodos de 6 meses hasta un máximo de 18 meses. Se evaluó también el desyerbo parcial y total de la yerba Pangola durante el segundo ciclo de rotación. No se sembró la yerba Pangola en las parcelas testigo. Según Román y colaboradores (1974), la rotación con esta gramínea redujo las poblaciones de *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*, no así de *Pratylenchus coffeae*. Todos los tratamientos a excepción de aquel donde se cultivó yerba Pangola por 6 meses y combinado con el desyerbo parcial, aumentaron significativamente los rendimientos del cultivo sobre el tratamiento testigo. En otros estudios, Price (1994) evaluó el control de *R. similis* por medio de la rotación de plátano y varios cultivos que incluyeron yerba Elefante (*Pennisetum* sp.), maíz (*Zea mays* cv. CMS 850), malanga (*Colocasia esculenta*), yuca (*Manihot esculenta*), nuez rastrera y batata (*Ipomoea* sp.). Se incluyó además un tratamiento de barbecho al desnudo y otro con plátano cv. French Sombre. Estos tratamientos se establecieron en predios infestados con *R. similis*, por un periodo de un año. Al cabo del año se removieron los cultivos alternos y se sembró plátano propagado mediante la técnica de cultivo de meristemas. Luego de tres meses del establecimiento del segundo ciclo de rotación, las poblaciones de *R. similis* en las parcelas sembradas con maíz, nuez rastrera y plátano, fueron significativamente más altas

a las de los demás tratamientos. Los tratamientos de rotación con yuca y batata redujeron las poblaciones de *R. similis*, siendo significativamente menores a los demás tratamientos experimentales. Hall y colaboradores (1993) evaluaron las propiedades de la gramínea *Digitaria milanjiana* para su uso como cultivo de rotación en guineales de Australia. A tres meses después de la siembra de la gramínea en terrenos previamente cultivados con guineo, estos investigadores no encontraron larvas de *Radopholus similis* y reportaron que *Digitaria milanjiana* se esparció en toda el área evaluada para un cien por ciento de cobertura. En base a estos resultados, Hall y colaboradores (1993) promovieron el uso de esta planta como cultivo de rotación, ya que rompe el ciclo reproductivo de *R. similis* y abarata los costos de su control químico. A su vez, sirve como control de malezas y barrera contra la erosión.

#### Uso de plantas antagónicas:

Existen plantas en la naturaleza que pueden combatir los nematodos fitoparásitos, no solo por que son pobres hospederas de ciertas especies, si no que además producen exudados radicales que son tóxicos a estos organismos. A este tipo de plantas se le conoce como plantas antagónicas (McSorley, 1998). Una planta caracterizada con estas propiedades es el “haba de terciopelo”, *Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr. (Vicente and Acosta, 1987). *Mucuna* spp., es una leguminosa, oriunda de China, Malasia o la India y ha sido utilizada tradicionalmente como cultivo de cobertura, abono verde y como alimento para vacas y cerdos en muchos países del mundo (Buckles, 1995). Es una planta trepadora y de crecimiento vigoroso, que se desarrolla mejor en climas tropicales y subtropicales. Bajo condiciones favorables, puede producir alrededor de 23 tons/ha de follaje fresco, y 8 tons/ha de material seco (Buckles, 1995).

El haba de terciopelo, ha sido una planta identificada como antagonista a fitonematodos ya que produce exudados tóxicos que suprimen su desarrollo (Vicente and Acosta, 1987). Además, alberga y promueve el crecimiento de una micro-flora selectiva y altamente antagonista a nematodos en el área comprendida por su raíz. (Kloepper, et al, 1991; Rodríguez-Kábana and Kokalis-Burelle, 1996; Kloepper, et al, 1996). Las características de esta planta han generado interés entre investigadores que han promovido su uso como cultivo de rotación y alternativa al uso de plaguicidas para el control de nematodos fitoparásitos (Vicente and Acosta, 1987; Rodríguez-Kábana et al, 1992, Chavarría-Carvajal, et. al, 1999; Vargas-Ayala and Rodríguez-Kábana, 2001). Existen reportes exitosos del control de varios géneros de nematodos fitoparasíticos en programas de rotación con *Mucuna* spp.

En sistemas de rotación de tomate (*Lycopersicon esculentum*) como cultivo principal, maíz y *Mucuna deeringiana*, Acosta y colaboradores (1991), reportaron un descenso en las poblaciones de *M. incognita* y *R. reniformis* en parcelas rotadas con el haba de terciopelo. A su vez, se registró un alza en las poblaciones de los mismos nematodos en parcelas de tomate sembradas por dos ciclos consecutivos. Los rendimientos obtenidos en parcelas de tomate rotadas con *Mucuna deeringiana*, fueron significativamente mayores que los observados en las parcelas de tomate sembradas por dos ciclos y en parcelas tratadas con nematicidas. Rodríguez-Kábana y colaboradores (1992) estudiaron las relaciones huésped-hospedero de *Mucuna deeringiana*, en suelos infestados con varias especies de nematodos fitoparásitos (*Meloidogyne arenaria* raza 1, *M. arenaria* raza 2, *M. incognita* raza 1, *M. javanica* y *Heterodera glycines*) en ensayos de campo e invernadero. Esto, con el fin de determinar el potencial de la planta como cultivo alterno

en programas de manejo de nematodos noduladores y de quiste. También realizaron un ensayo de rotación para estudiar el efecto de las combinaciones de berenjena (*Solanum melongena*) como cultivo principal, calabaza (*Cucurbita moschata*), soya (*Glycine max*) y *Mucuna deeringiana*, sobre las poblaciones de *M. arenaria*. En los resultados de las pruebas de campo e invernadero realizadas en suelos infestados con fitonematodos, *Meloidogyne* spp. provocó poco o ningún agallamiento radical de la *Mucuna deeringiana*. Además, no se encontraron hembras de *Heterodera glycine* en las raíces de esta planta. Los ensayos de rotación reflejaron bajas poblaciones de *Meloidogyne arenaria* en las parcelas de berenjena rotadas con *Mucuna deeringiana*, en comparación a aquellas alternadas con calabaza o soya. Las plantas de berenjena bajo estos tratamientos produjeron brotes vegetativos más pesados en comparación con otros tratamientos. Rodríguez-Kábana y colaboradores (1992) concluyeron que *Mucuna deeringiana* es pobre hospedera de *Meloidogyne* spp. y que puede suprimir el nematodo del quiste *Heterodera glycine*. Estos recomendaron su uso para el control de nematodos noduladores que atacan hortalizas y otros cultivos.

Acosta y colaboradores (1995), estudiaron el efecto de la rotación del haba de terciopelo incorporada y no incorporada al suelo, sobre las poblaciones de nematodos y el rendimiento en tomate y habichuela. Según estos investigadores, la rotación *Mucuna* incorporada + tomate controló los nematodos *M. incognita* y *R. reniformis*, y aumentó los rendimientos del cultivo en un 176% en comparación con el tratamiento de tomate en dos ciclos consecutivos. Tanto la *Mucuna* incorporada como sin incorporar, aumentaron significativamente los rendimientos de la habichuela en comparación con la habichuela en monocultivo. Los autores concluyeron que los cultivos de tomate y habichuela

responden bien al efecto nematocida de *Mucuna deeringiana* y recomendaron su utilización incorporada al suelo en programas de rotación de cultivos. Resultados igualmente satisfactorios se obtuvieron en sistemas de rotación para minimizar el impacto de *Meloidogyne arenaria* en maní. Las poblaciones de *M. arenaria* y la incidencia fueron menores en parcelas de maní rotadas con *Mucuna*, al ser comparadas con maní sembrados continuamente. Los rendimientos del maní rotados con *Mucuna* incrementaron en un 35% al ser comparadas con parcelas de cultivo continuo no tratadas (Rodríguez-Kábana, et al, 1999). Chavarría-Carvajal y colaboradores (1999), estudiaron el efecto de la rotación de piña con *Mucuna deeringiana*, sobre las poblaciones de *R. reniformis*, y compararon su efectividad con los nematocidas phenamiphos (15.5 L/ha) y ethoprop (68 kg/ha). Además incluyeron un tratamiento control sin nematocida. Según estos investigadores, *Mucuna deeringiana* sembrada e incorporada previo a la siembra de piña, redujo significativamente las poblaciones del nematodo reniforme en comparación con el tratamiento sin nematocida. No se reportaron diferencias estadísticas entre parcelas donde se empleó el programa de rotación y los tratamientos con nematocida. Los autores concluyeron que el haba de terciopelo suprime las poblaciones de *R. reniformis* y puede ser una alternativa a los plaguicidas utilizados para su control. Existen reportes de reducciones en la densidad poblacional de nematodos asociados al plátano mediante el uso de la *Mucuna* intercalada con plátano (Saavedra y Vargas-Ayala, 1999; Rubiano-Rodríguez y Vargas-Ayala, 1999; Rubiano-Rodríguez, 2000). Sin embargo, no se encuentra documentado de forma clara en la literatura su uso como cultivo de rotación con el plátano.

### Enmiendas Orgánicas:

Una enmienda orgánica es cualquier material de origen orgánico que se añade al suelo. Entre estos materiales se pueden incluir las compostas, los residuos de cosechas anteriores, estiércol animal, desperdicios agroindustriales y municipales, entre otros (Chavarría-Carvajal, 1997). La aplicación de material orgánico como enmienda, afecta directa o indirectamente las poblaciones y la diversidad de nematodos en el suelo. De forma directa, este material, libera compuestos nematocidas en su descomposición o que son sintetizados por microorganismos envueltos en su descomposición, y proveen un ambiente favorable para el crecimiento de microorganismos antagónicos o parasíticos a los fitonematodos. De manera indirecta, puede incrementar el desarrollo y rendimiento de una planta infestada con nematodos, mejora la estructura del suelo, que a su vez aumenta su potencial de retención de agua y suple nutrimentos en los suelos deficientes. (Brown, 1987; Chavarría-Carvajal and Rodríguez-Kábana, 1998; Widmer et al. 2002).

Chavarría-Carvajal y colaboradores (2001), estudiaron el efecto de varios tipos de enmiendas orgánicas incorporadas al suelo sobre las poblaciones de nematodos parasíticos y no parasíticos de la soya (*Glycine max*), la composición microbiana del suelo y el crecimiento de la planta. Después de haber aplicado las enmiendas, éstos encontraron que las poblaciones de nematodos no parasíticos, bacterias y hongos, aumentaron con respecto a sus poblaciones iniciales. Además, la mayoría de estas enmiendas redujeron las poblaciones de nematodos noduladores y el daño en la raíz de la planta. Estos autores concluyeron que el uso de enmiendas orgánicas puede ser una alternativa al uso de plaguicidas, ya que puede incrementar el nivel de antagonismo en el suelo. Chavarría-Carvajal y Rodríguez-Kábana, (1998), evaluaron el efecto de varios

tipos de enmiendas orgánicas, sobre el parasitismo de huevos de *Meloydogine incognita* en el suelo. Según estos investigadores, la actividad microbiológica y antagonista incrementó luego de las aplicaciones de las enmiendas orgánicas, observándose un aumento en el nivel de parasitismo de huevos de *M. incognita*. La mayor parte del parasitismo lo ejercieron en su mayoría hongos que crecieron alrededor o sobre la superficie de los huevos de este nematodo. Resultados similares se han encontrado mediante el uso de los desperdicios de granjas de pollos o gallinaza en varias experimentaciones. Mian y Rodríguez-Kábana (1982), estudiaron el efecto de la gallinaza sobre el daño provocado por *M. arenaria* en calabaza (*Cucurbita pepo*). Sus resultados indicaron que el uso de este tipo de enmienda redujo el agallamiento de las raíces del cultivo y estimuló el crecimiento de la planta. Según estos investigadores, el nivel de control ejercido por la gallinaza fue directamente proporcional a la cantidad aplicada.

Kaplan y otros (1992) encontraron poco parasitismo de larvas de *M. arenaria* en tomate, luego de diez días de la aplicación de gallinaza en un suelo inoculado con 2000 huevos de esta especie. La degradación microbiana de los huevos de *M. arenaria* fue aparente luego de que se observara un bajo porcentaje de huevos viables. Según Kaplan y Noe (1993), las dosis de gallinaza son indirectamente proporcionales al número de larvas de *M. arenaria* en raíces de tomate, luego de diez días de aplicadas en el suelo. Esta relación también se observa con el número de huevos de esta especie, luego de 46 días. Estos investigadores afirman que el uso de la gallinaza suprime las poblaciones de *M. arenaria* y puede proveer un control práctico de nematodos noduladores en un sistema integrado. Oduor-Owino (2003) evaluó el efecto de varias enmiendas orgánicas en tomate, entre estas la gallinaza, combinadas con el hongo *Paecilomyces lilacinus* y el

parasitismo ejercido por este último en huevos de *M. javanica*. La aplicación de gallinaza estimuló el parasitismo del hongo en huevos de esta especie, mientras que el uso de un plaguicida combinado con el hongo lo inhibió. El índice de agallamiento en plantas de tomate y el número de larvas de *M. javanica* fue más bajo cuando se empleó el nematicida o cuando se emplearon las enmiendas. Esto, en comparación con los tratamientos sin enmiendas orgánicas. Las plantas de tomate bajo enmiendas de materiales que incluían la gallinaza, resultaron con brotes significativamente más pesados. Según Oduor-Owino (2003), el buen desarrollo de las plantas en este experimento y la nodulación reducida en tiestos tratados con *P. lilacinus* y las enmiendas orgánicas, tiene atributos positivos que pueden ser utilizadas en programas de manejo integrado de nematodos fitoparásitos.

Chavarría-Carvajal y colaboradores (2000), estudiaron el uso de la gallinaza como método de control de nematodos fitoparásitos en plátano (cv. Maricongo), a dosis de 0, 10, 20, 40 y 80g/kg de suelo. También incluyeron un tratamiento con el nematicida phenamiphos, de uso común en el plátano, a razón de 1.5g i.a./planta. Sus resultados reflejaron que las dosis de 80, 40, y 20g/kg de suelo, redujeron efectivamente las poblaciones de nematodos (*Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis* y *Helicotylenchus* spp.) en la raíz, en comparación con las dosis de 0 y 10g/kg de suelo y el tratamiento con nematicida. Según Chavarría-Carvajal y colaboradores (2000), la acumulación de los altos volúmenes de gallinaza producidos al año en Puerto Rico (aproximadamente 71,500 toneladas métricas), han generado serios problemas ambientales, y su uso adecuado puede convertirlo en un recurso invaluable de control de nematodos fitoparásitos.

### **III. El picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera:Curculionidae)**

#### **A. Distribución geográfica:**

El centro de origen del gorgojo o picudo del plátano y el guineo *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera:Curculionidae), se sitúa en la región de Malasia, Java o probablemente Borneo, al Sureste asiático. En la actualidad, el insecto se encuentra ampliamente distribuido en Asia, Australia, en la mayoría de las islas de los océanos Indio y Pacífico, África, Centro y Sur América, el Caribe y en el Sur de los Estados Unidos (Simmonds, 1966; Robinson, 1996). En síntesis, *Cosmopolites sordidus* se encuentra distribuido a través de los trópicos y todas las zonas del mundo donde se cultivan bananos a gran escala (Ostmark, 1974). En Puerto Rico, el picudo del plátano fue reportado por primera vez en el año 1921, en áreas cercanas a Toa Alta, Corozal, Guaynabo y Río Piedras (Wolcott, 1922). Unos años después del primer reporte, el insecto se encontraba distribuido en todas las áreas cultivadas con guineo en la Isla (Wolcott, 1948).

#### **B. Biología de *Cosmopolites sordidus* Germar**

##### Daño al cultivo:

El picudo del plátano *Cosmopolites sordidus*, es una plaga específica de plantas pertenecientes a la familia de las musáceas. Dentro de esta familia, los plátanos son reconocidos como el grupo más susceptible al ataque del picudo (Simmonds, 1966). El daño al cultivo consiste de perforaciones y túneles barrenados por la larva del insecto en el cormo de la planta, que destruyen los tejidos internos y partes adyacentes a las raíces (Ostmark, 1974). Los túneles son de forma circular, tienen un diámetro aproximado de 8

mm y bajo infestaciones severas pueden extenderse 300 mm hacia el pseudotallo (Robinson, 1996). Estas perforaciones, interfieren con la traslocación de agua y nutrientes a toda la planta, lo que a su vez provoca síntomas como lo son clorosis, marchitez y pérdida de vigor en la planta. El daño provocado también interfiere con la capacidad de la planta para producir raíces. Por ende, las hojas centrales se secan y mueren prematuramente (Inglés y Rodríguez, 1989; Robinson, 1996). El ataque de la plaga puede causar la muerte de plantas jóvenes, y las plantas viejas pueden partirse y volcarse (Stover and Simmonds, 1987). Las mermas en producción, se reflejan en racimos con un número reducido de frutas y menor peso (Inglés y Rodríguez, 1989; Robinson, 1996). En Puerto Rico y en varios países de Centro y Suramérica, se han reportado pérdidas en el cultivo asociadas al ataque de *C. sordidus*, que fluctúan de 30% a poco más del 90% en zonas altamente infestadas (Román et. al., 1982; Arleu and Neto, 1984).

#### Larva:

La larva de *C. sordidus* es de color blanco cremoso, con un armazón cefálico color marrón, no tiene patas, su cuerpo es deprimido ventralmente, y convexo en el dorso (Chavarría-Carvajal, 1988). Atraviesa entre 5 y 8 instares larvales, con estadios que pueden durar entre 3 y 5 días bajo condiciones de campo. En promedio, completa su ciclo en menos de 30 días (Gold et al., 1999). Sin embargo, puede durar unos 4 meses en periodos fríos de zonas subtropicales. La larva se alimenta del corno de la planta formando túneles que luego sirven de alojamiento a la pupa del insecto (Simmonds, 1966).

### Adulto:

El insecto en su etapa adulta, posee un exoesqueleto duro de color negro y un rostrum o pico bien desarrollado. Mide aproximadamente unos 12 milímetros de longitud. Es de hábitos nocturnos y de día se puede encontrar escondido entre las vainas foliares, cerca de la base de la planta, o en residuos del cultivo (Robinson, 1996). Son muy susceptibles a la desecación y toleran condiciones altamente anaeróbicas (Roth and Willis, 1963; Kölsch, 2001). Aunque poseen alas funcionales, raramente vuelan (Simmonds, 1966). Por consiguiente, su disseminación ha sido primordialmente por medio del material de propagación infestado que se destina a otras siembras (Gold, et al, 1998). La etapa adulta del insecto puede durar de varios meses a dos años, y sobrevive sin alimento por periodos prolongados (Simmonds, 1966). Según Koppenhöfer y Seshu Reddy (1994), la tasa de machos a hembras es de 1:1. Las hembras adultas, depositan sus huevos individualmente en huecos que perforan con su pico en la piel del cormo o en la base del pseudotallo. Estos eclosionan generalmente en una semana pero podrían durar hasta tres en los periodos invernales del subtrópico. La oviposición es continua durante el año. Sin embargo varía considerablemente entre temporadas (Simmonds,1966). Koppenhöfer, (1993b) encontró que bajo condiciones controladas de campo, la tasa de oviposición semanal fue de 0.7 huevos en retoños, y de 1.3 huevos en tallos de plantas cosechadas. El total de huevos depositados por una hembra en su ciclo de vida, podría variar de 10 a 50, y 100 huevos en individuos excepcionales (Simmonds,1966). La edad de la planta, influye en la oviposición de las hembras, las cuales depositan un mayor número de huevos en plantas florecidas, que en plantas de menos de 6 meses de edad (Abera et. al, 1999). Además se ha encontrado que los picudos manifiestan una relación inversamente

proporcional entre la densidad poblacional y el número de huevos depositados. Esto es, a mayor densidad poblacional, la actividad de oviposición disminuye (Koppenhöfer, 1993b; Abera et. al, 1999).

#### **IV. Métodos de control de *Cosmopolites sordidus***

Los métodos utilizados para el control de *C. sordidus* han sido diversos y de efectividad variable. Esencialmente existen cuatro tipos de métodos de control; el medio químico, el cultural, el biológico y la captura del insecto en su etapa adulta (Simmonds, 1966). A continuación se revisan los métodos utilizados para el control de *C. sordidus*.

##### **A. Control Químico:**

La aplicación de químicos es en la actualidad el método comúnmente usado para el control del picudo del plátano (Chavarría-Carvajal and Irizarry, 1997). Son varios los estudios dirigidos a comprobar la eficacia de distintos compuestos para el control de *C. sordidus*. Román y colaboradores (1983), estudiaron el efecto del compuesto aldicarb 10G, aplicado a razón de 10, 15, 30 y 45 gramos /planta/cada 4 y 6 meses después de la siembra y el compuesto carbofuran aplicado a razón de 56 gramos/planta/cada 6 meses después de la siembra, sobre el combate de *C. sordidus* y los componentes de producción en plátano (c.v. Maricongo). Los resultados de este experimento reflejaron que la mayoría de las dosis y frecuencias de los productos aplicados, controlaron significativamente al picudo del plátano y aumentaron los rendimientos en comparación al control absoluto. Los tratamientos que mejor controlaron al picudo fueron aquellos en que se aplicó aldicarb a razón de 15g/planta/cada 4 meses después de la siembra y 30 y 45g/planta/cada 4 y 6 meses después de la siembra. Los mejores rendimientos se

obtuvieron con 45g de aldicarb aplicados a cada cuatro meses después de la siembra. Resultados similares se encontraron al evaluarse las mismas variables experimentales en el primer retoño. La mayoría de los tratamientos con el compuesto aldicarb resultaron significativamente mejores que los tratamientos con carbofuran, para todas las variables experimentales. Román y colaboradores (1983) concluyeron que una dosis entre 30 y 45 g por planta de abdicarb aplicada cada 4 meses después de la siembra es efectiva en el control de la plaga y puede ser económicamente viable. Inglés y Rodríguez (1989), evaluaron la efectividad de varios insecticidas y los métodos de aplicación, con respecto al combate de *C. sordidus* y los factores de rendimiento en plátano (cv.Maricongo). Estos probaron los compuestos phenamiphos 15G (14, 28 y 42g/planta), carbofuran 10G (28 y 56 g/planta), chlorpyrifos 10G (14, 28 y 42g/planta), fonofos 10G (56g/planta) y aldicarb 10G (28g/planta) al momento de la siembra y cada seis meses. Phenamiphos en sus tres dosis, aldicarb, fonofos y carbofuran en su dosis más alta, disminuyeron significativamente el daño de la larva del picudo por planta con respecto al tratamiento control. El índice menor de infestación se obtuvo en los tratamientos de phenamiphos (42g/planta) y fonofos (56g/planta). Los tratamientos de phenamiphos a razón de 28 y 42g/planta y el tratamiento con aldicarb, obtuvieron rendimientos significativamente más altos con respecto al control. Las dosis que redujeron significativamente el daño ocasionado por la larva en la plantilla, fueron también las más efectivas para esta variable, al evaluarse en el primer retoño. En la segunda cosecha, el tratamiento con phenamiphos en su dosis más alta obtuvo los rendimientos más altos con respecto a los demás tratamientos.

Inglés y Rodríguez (1989) también evaluaron el efecto de la combinación de tratamientos de inmersión de cormos en concentrados emulsificantes, con aplicaciones granulares post siembra. Para estos tratamientos se combinaron los compuestos ethoprop EC (18mL/gal) + carbofuran 10G (28g/planta/al momento de la siembra y cada seis meses), ethoprop EC (18mL/gal) + aldicarb 10G (28g/planta/al momento de la siembra y cada seis meses) y ethoprop EC (18mL/gal) + phenamiphos 10G (28g/planta/al momento de la siembra y cada seis meses). Estos se compararon con los tratamientos de oxamil (5, 10 y 20 mL/planta/ al momento de la siembra, al mes y cada 4 meses hasta los 12 meses), phenamiphos 15G (14, 28 y 42g/planta/ al momento de la siembra y cada seis meses), carbofuran 10G (28 g/planta/ al momento de la siembra y cada seis meses), y aldicarb 10G (28g/planta/ al momento de la siembra y cada seis meses). Sus resultados reflejaron que el porcentaje más bajo de plantas infestadas se obtuvo en los tratamientos de phenamiphos a 42g/planta y en el tratamiento combinado de ethoprop EC (18mL/gal) + phenamiphos 10G (28g/planta). Este último, produjo aumentos considerables en la producción. Luego de estos experimentos, Inglés y Rodríguez (1989) concluyeron que los compuestos aldicarb y phenamiphos son eficaces reduciendo los daños provocados por la larva del picudo del plátano y recomendaron su uso bajo condiciones de alta infestación. Según estos investigadores, las aplicaciones cada 6 meses después de la siembra, permiten un buen control de la plaga y protegen el cultivo hasta un segundo cosecho. Concluyeron que a pesar de que el tratamiento de inmersión de cormos combinado con productos granulares aumenta la efectividad contra el picudo, no existe evidencia para afirmar que aumente la producción. Esto, debido a que no se obtuvieron datos que fueran más altos significativamente con respecto al control.

Chavarría Carvajal e Irizarry (1997), estudiaron el efecto de las dosificaciones de los compuestos aldicarb, carbofuran, ethoprop y phenamiphos, sobre el control del picudo del plátano. Además, compararon las frecuencias e intervalos de aplicación más bajos que los recomendados en la etiqueta del producto. También probaron la rotación de estos productos para comparar su eficacia contra la plaga. Sus resultados reflejaron que a excepción de ethoprop, todos los compuestos evaluados en frecuencias e intervalos de aplicación más bajos a los recomendados, fueron efectivos para el control del picudo. Los tratamientos con phenamiphos en sus diferentes, dosis, frecuencias e intervalos de aplicación (con o sin tratamiento de cormos presiembra), obtuvieron un 1.7 por ciento de daño ocasionado por la larva del picudo/planta. Este resultó el compuesto granular con mayor efectividad insecticida de todos los evaluados. Además, la rotación de los compuestos, aldicarb, phenamiphos y carbofuran, fue igualmente efectiva cuando se aplicó al momento de la siembra y cada seis meses después. Los componentes de rendimiento no fueron afectados por los diferentes tratamientos. Según Chavarría Carvajal e Irizarry (1997), los niveles de poblacionales de la plaga en el área experimental, no se encontraban suficientemente elevados como para provocar daños al cultivo.

### **B. Control Cultural**

Entre las prácticas de control cultural que se han utilizado, figuran las prácticas fitosanitarias como el mondado de cormos y la inmersión de los mismos en agua caliente, la remoción de residuos de cosecha y la rotación del cultivo.

#### Prácticas fitosanitarias:

La principal vía de diseminación del picudo del plátano es en cormos infestados. Por esta razón, la detección de cormos con la presencia de alguna de las etapas de vida de *C. sordidus*, es vital para prevenir su dispersión en áreas libres de la plaga (Robinson, 1996). El material de siembra debe obtenerse de predios donde no se encuentre el insecto y debe ser inspeccionado minuciosamente (Simmonds, 1966). Varias prácticas culturales se han desarrollado con el fin de obtener material de propagación limpio. Entre estos el mondado de cormos y su tratamiento en agua caliente. El mondado del cormo, hace posible la visualización de las larvas del picudo y las galerías provocadas por ésta, lo que a su vez permite eliminar cormos severamente dañados. Además, se ha recomendado que los retoños mondados se sumerjan en tanques de agua caliente a una temperatura de 54°C, por un periodo de 20 minutos, con el propósito de destruir los huevos que no se removieron en el mondado y de reducir el número de larvas viables que queden en el cormo. Sin embargo no se pueden eliminar en su totalidad (Gold et. al., 1998). Se ha documentado que el daño ocasionado por la larva puede ser un 200 % más alto en cormos que no han sido mondados, en comparación con aquellos cormos que se han mondado y/o combinado con tratamientos de agua caliente. Además, la pérdida de plantas en predios cultivados, es mayor en material de siembra que no ha sido mondado o tratado con agua caliente. Por otro lado, el tratamiento con agua caliente no provee beneficio sustancial sobre la práctica de mondado, en lo que al control del picudo se refiere. Sin embargo, es mucho mas beneficiosa en términos del control sobre los nematodos fitoparásitos (Gold et. al., 1998). Según Gowen y Quénéhervé (1990) un factor a considerar tanto con la práctica del mondado como con la inmersión de cormos en agua caliente, es la selección

de material de propagación de buen tamaño, ya que ambas prácticas son factores que reducen la viabilidad.

#### Remoción de los desperdicios de cosecha:

Otra práctica fitosanitaria empleada para el control de la plaga, es la remoción de los residuos de cosecha. Esto reduce los refugios y sitios de desarrollo del insecto y por ende, se reduce la cantidad de adultos en predios cultivados. Parte de esta tarea se hace removiendo mecánicamente los tallos de plantas ya cosechadas. Estos se cortan a ras de suelo y la superficie expuesta del cormo se debe tapar con tierra. También se recomienda trozar los tallos y tener un buen control de malezas (Simmonds, 1966; Robinson, 1996). En fincas de tamaño comercial, se ha podido realizar esta tarea mediante la aplicación del herbicida 2,4-D en los tallos de plantas cosechadas (Gowen and Quénéhervé, 1990).

#### Rotación de cultivos:

La rotación de cultivos, ha sido una de las estrategias de manejo empleadas para el control de *C. sordidus*. Price (1994), investigó el potencial de la rotación de cultivos en el control del picudo del plátano en parcelas experimentales infestadas con esta plaga. Entre estos cultivos se incluyó la hierba Elefante (*Pennisetum* sp.), maíz (*Zea mays* cv. CMS 850), malanga (*Colocasia esculenta*), yuca (*Manihot esculenta*), nuez rastrera y batata (*Ipomoea* sp.). Se incluyó además un tratamiento de barbecho al desnudo, un barbecho con malezas y un tratamiento con plátano cv. French Sombre. Los cultivos de rotación y los tratamientos en barbecho estuvieron en microparcels por un periodo de un año. Al cabo del año, estas parcelas se limpiaron para luego establecer plátano propagado por cultivo de tejido. Luego de trece meses se evaluó el daño ocasionado por la larva del picudo en los diferentes tratamientos. Price (1994) encontró, que las plantas

con mayor índice de daño fueron aquellas que se alternaron con plátano cv. French Sombre. En contraste, las plantas provenientes de parcelas a las que se dejó en barbecho con malezas obtuvieron el menor índice de daño. El crecimiento de los plátanos en el tratamiento de rotación con plátano cv. French Sombre, se calificó como pobre en comparación con otros tratamientos. Luego de estos resultados, Price (1994) destacó el detrimento sustancial que la larva del picudo del plátano puede provocar en plantas jóvenes sembradas en predios altamente infestados.

### **C. Control Biológico**

Se han estudiado varios organismos con potencial para el control biológico de *C. sordidus*. Entre estos figuran: insectos, nematodos y hongos entomopatógenos. La contribución de algunos enemigos naturales, particularmente insectos en el control del picudo del plátano está documentada (Simmonds, 1966). Sin embargo, la naturaleza de la plaga reduce sustancialmente su eficacia, ya que la etapa adulta del picudo es la única de vida libre y está protegida de otros depredadores por su grueso exoesqueleto, y la etapa larval está bajo el suelo, y se encuentra protegida por el corno de la planta hospedera (Koppenhöfer, 1993a). Esto último, también ha sido un factor que reduce la eficacia en la experimentación con nematodos y hongos entomopatógenos aplicados directamente al suelo, a juzgar por algunos investigadores. En experimentos realizados en plantaciones de guineo, Schmitt y colaboradores (1992) compararon el efecto de la aplicación de nematodos entomopatógenos aplicados en el suelo y directamente en trampas de pseudotallos. Observaron un por ciento de mortalidad mayor en la trampa con respecto al tiempo, en comparación con el tratamiento aplicado directamente al suelo. Estos atribuyeron el resultado a que el aislamiento físico de la larva en el corno hace

menos efectivo y menos práctico la aplicación de nematodos entomopatógenos directamente al suelo. En contraste, la aplicación a la trampa iría dirigida a la etapa adulta del picudo que se ve atraído por los volátiles del tallo.

Según Sirjusingh y colaboradores (1992), el hongo *Beauveria bassiana* representa en la actualidad el agente de biocontrol más prometedor. Estudios realizados en Uganda revelaron que un aislado endémico de *B. bassiana* aplicado en tres diferentes formulaciones alrededor de las cepas de guineo, redujo significativamente el número de adultos de *C. sordidus* atrapados con respecto al tratamiento control sin aplicación del hongo. La aplicación de  $2 \times 10^{15}$  conidias por hectárea en una formulación de maíz redujo las poblaciones de adultos de un 63 a 72% en un lapso de 8 días (Nankinga and Moore, 2000). Otro estudio realizado en Ghana reportó que la aplicación de un aislado de *B. bassiana* al momento de la siembra de plátano redujo la infestación del picudo en un 42%, comparado con un 3% reflejado en el tratamiento control sin la aplicación del hongo (Godonou et. al., 2000). Estos hallazgos demuestran la efectividad que las aplicaciones de *B. bassiana* tienen a nivel de campo, ya que pueden reducir las poblaciones del picudo del plátano. Sin embargo, su utilización como bio-plaguicida podría estar condicionada por los altos costos que representa la elaboración de sistemas de producción en masa y envío al campo (Karamura and Gold, 2000).

#### **D. Uso de semioquímicos para la captura de *C. sordidus***

El término semioquímico se refiere a químicos generados por los organismos, que median interacciones entre estos (Nordlund, 1981). La información química que deriva de los semioquímicos es considerada como factor clave en las interacciones ecológicas y de comportamiento entre plantas e insectos. Todos los organismos utilizan esta

información para maximizar su competitividad en el hábitad. Esto envuelve mejorar la capacidad de búsqueda de alimento, el apareamiento, reproducción y la evasión de sus enemigos naturales (Tinzaara et. al., 2002). Los semioquímicos generan distintos tipos de interacciones entre organismos y dependiendo del tipo de interacción que genere, se subdividen en dos grupos principales; aleloquímicos y feromonas (Nordlund, 1981). Los aleloquímicos constituyen el grupo más grande de semioquímicos y generan interacciones entre organismos de especies distintas como por ejemplo interacciones planta-insecto. Las feromonas son semioquímicos que median interacciones entre organismos de la misma especie, y puede beneficiar a la especie que las emite, al receptor, u ambos (Nordlund, 1981). El uso de semioquímicos ha sido motivo de estudios orientados al control de plagas insectiles por medio de su captura en masa, el monitoreo de sus poblaciones para evitar que sobrepasen un umbral de daño determinado y la interrupción del ciclo reproductivo de las plagas al evitar su apareamiento (Tinzaara et. al., 2002). Se ha sugerido que el uso de semioquímicos para el control de *C. sordidus* podría resultar exitoso ya que su captura en masa podría sobrellevar su ciclo de vida largo, su capacidad reproductiva y su ritmo lento de crecimiento poblacional (Jayaraman et. al, 1997). A continuación se presenta una revisión de los distintos estudios realizados en semioquímicos para el control de las poblaciones de *C. sordidus*.

#### Kairomonas:

La preparación de trampas hechas de secciones de tallos y cormos de plantas ya cosechadas, es otro método de control cultural sugerido por muchos investigadores. Esta práctica se fundamenta en la atracción y orientación de los adultos del picudo hacia los volátiles emitidos por trozos de la planta (Cerdeña, et al., 1994; Budenberg et. al., 1993a).

A estos volátiles se denominan como kairomonas. Las kairomonas son un subgrupo de aleloquímicos que al ser producidas por una especie en este caso la planta, generan una respuesta fisiológica o de comportamiento en una especie distinta. Estas sustancias benefician a la especie que las recibe y no a la especie que las produce (Tinzaara et. al., 2002). Haddad y colaboradores (1980) estudiaron la atracción de los adultos de *C. sordidus* hacia trampas construidas de pseudotallo en diferentes etapas fisiológicas y con material de diferentes grupos genómicos de musáceas. Estos observaron que el grado de atracción fue mayor en trampas hechas de pseudotallos cosechados, con racimo o florecidos, en comparación con trampas de pseudotallos no florecidos. También notaron un mayor grado de atracción hacia trampas hechas con material genómico (AAB), en comparación con trampas de los grupos genómicos (AAA y ABB). Esto contrasta con lo observado por Cerda y colaboradores (1994), quienes no encontraron que los picudos adultos tuviesen preferencia alguna por materiales de plantas de distintos grupos genómicos. Entre estas musáceas se encontraban los grupos (AAB, BB, AA, AAA y ABB). Según Budenberg y colaboradores (1993a) la orientación de *C. sordidus* a los pedazos de corno y de pseudotallo es similar en machos y hembras, lo que sugiere que la respuesta de orientación hacia estos materiales está relacionada a la búsqueda de alimento y no a la búsqueda de lugares para la oviposición.

Ndiege y colaboradores (1991) extrajeron los volátiles emitidos por una variedad de guineo susceptible al ataque de *C. sordidus* conocida como Githumo (AAA). Estos identificaron la presencia de mono y sesquiterpenos, siendo  $\alpha$ -pineno y  $\alpha$ -copaeno los más abundantes en esta mezcla de volátiles. Sin embargo Budenberg y colaboradores (1993a), no encontraron que la mezcla sintética de estos compuestos generara una

respuesta de comportamiento, o electrofisiológica en picudos adultos. Esto los llevó a concluir que los compuestos más abundantes de los volátiles del pseudotallo de la variedad Githumo, no son responsables por la respuesta de comportamiento en los picudos, sino los compuestos presentes en menor cantidad. Esta observación condujo a Ndiege y colaboradores (1996a) a concentrarse en la extracción de los compuestos menos abundantes de la mezcla natural de los volátiles emitidos por la variedad Githumo. Estos investigadores encontraron que las variedades susceptibles como Githumo y otras variedades tolerantes poseían en sus volátiles el terpenoide 1,8-cineole. Este resultó ser electrofisiologicamente activo y un atrayente para los adultos de *C. sordidus*. Los compuestos minoritarios en los volátiles de plantas resistentes al picudo del plátano, no atrajeron los adultos de esta especie.

La utilización de trampas hechas de partes de la planta ha sido constantemente debatida ya que su efectividad, la cual depende del número de capturas del picudo, varía conforme al material utilizado para fabricar las trampas (Ittyeipe, 1986), tamaño y tiempo de exposición de la trampa en el predio (Haddad et. al., 1980; Koppenhöfer et. al., 1994), y las fluctuaciones poblacionales del picudo (Gold et. al., 2002) entre otros factores. Aunque algunos estudios han reportado reducciones en las poblaciones de *C. sordidus* mediante la utilización de trampas (Koppenhöfer et. al., 1994), otros cuestionan la confiabilidad de estos resultados debido a la falta de controles apropiados durante la experimentación (Gold et. al., 2002). Debido a la variabilidad que se encuentra en el uso de estas trampas, Gold y colaboradores (2002) sólo se limitan a sugerir que la utilización sistemática de trampas de pseudotallos podría reducir en gran medida las poblaciones de *C. sordidus*. Por otro lado, tanto (Koppenhöfer, et. al., 1994), como (Gold et. al., 2002),

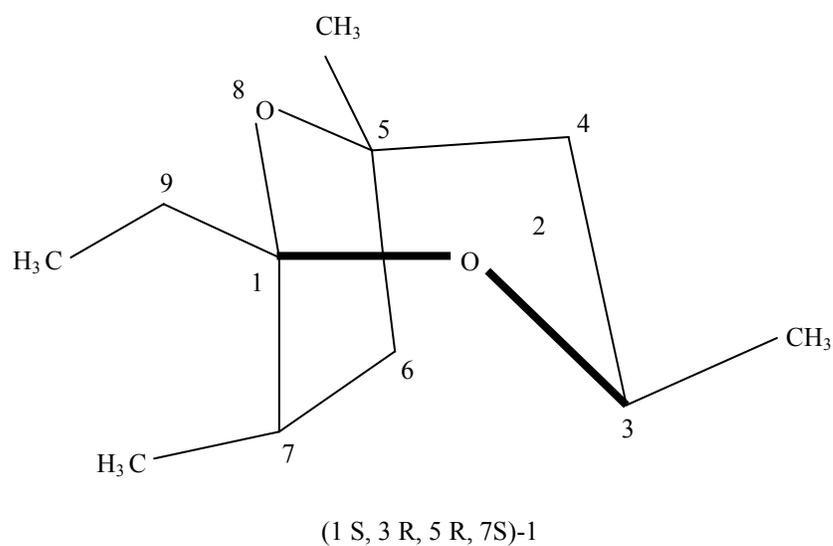
coinciden en que la mayor desventaja de esta práctica estriba en la ardua e intensiva tarea de preparar y colocar las trampas sistemáticamente en los predios, que está sujeta a la disponibilidad de mano de obra y material para hacer las trampas.

#### Feromonas:

Se ha descubierto la existencia de feromonas en el picudo del plátano. Este hallazgo ha desarrollado particular interés entre investigadores en lo que se refiere a su posible utilización como método de control del insecto. Budenberg y colaboradores (1993b) evidenciaron por primera vez la existencia de la feromona al someter picudos adultos a bioensayos con volátiles recuperados de ambos sexos. Tanto las hembras como los machos del picudo se orientaron hacia la fuente donde provenían los volátiles recuperados de machos. La colección de volátiles de los machos de *C. sordidus* generaron respuestas positivas de ambos sexos en análisis de electroantenograma, no así los volátiles recuperados de las hembras (Budenberg et. al., 1993b). Beauhaire y colaboradores (1995) analizaron los volátiles emitidos por *C. sordidus* por el procedimiento de cromatografía de gases y cromatografía de gases con espectrómetro de masas, e identificaron en estos seis compuestos con actividad biológica en análisis de electroantenograma. El compuesto mayoritario y con mayor actividad biológica se identificó como (1S\*, 3R\*, 5R\*, 7S\*) 2,8-dioxa-1-etil 3,5,7-trimetil bicyclo [3,2,1] octano 1, y se denominó como “sordidin” (Beauhaire et. al., 1995). Mori y colaboradores (1996) definieron la configuración absoluta de “sordidin” (Figura 1) y realizaron una síntesis de la feromona natural que resultó ser (1S,3R,5R,7S)-(+)-1. En 1997, Fletcher y colaboradores, confirmaron este hallazgo y definieron la configuración de uno de los cinco compuestos minoritarios en la feromona como (1S,3R,5R,7R) y se denominó como

7-episordidin. Enders y colaboradores (2005) reportaron que la síntesis asimétrica de los componentes de la feromona sordidin y 7-episordidin, obtiene una alta pureza diastereo y enantiomérica de ( $de \geq 97\%$ ,  $ee \geq 98\%$ ).

**Figura 1:** Configuración de sordidin, componente mayoritario de la feromona comercial Cosmolure + . (Tinzaara et. al., 2002).



Ndiege y colaboradores (1996b), desarrollaron una síntesis a gran escala de la mezcla de la feromona haciendo posible su utilización a nivel de campo. Estos investigadores encontraron que trampas de pseudotallo impregnadas con la feromona capturaron significativamente más adultos que las trampas de pseudotallo sin la feromona. Además probaron que trampas de tipo fosa y caída portando la feromona, capturaron significativamente más adultos que las mismas trampas portando tejido de pseudotallo (Ndiege et. al.,1996b). De igual forma, Jayaraman y colaboradores (1997) probaron a nivel de campo que la mezcla de la feromona aumentó el ritmo de captura de las trampas de pseudotallo. También comprobaron que trampas tipo fosa y caída que portaban la feromona, fueron significativamente más atractivas que las trampas hechas de pseudotallo (Jayaraman et. al, 1997). Según Jayaraman y colaboradores (1997), las trampas tipo fosa y caída con la feromona son una alternativa más atractiva a las trampas de pseudotallo ya que las últimas requieren de una labor intensiva para su preparación y su combinación con insecticidas puede resultar nocivo a los agricultores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área experimental

Se estableció un experimento en la Sub-estación Experimental Agrícola de Isabela; Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico, con el propósito de determinar el efecto de las prácticas de manejo integrado de nematodos fitoparásitos y el picudo (*Cosmopolites sordidus* Germar) en plátano. El centro experimental se encuentra localizado en la región noroeste de la isla a una elevación de 128 metros sobre el nivel del mar y una precipitación promedio anual de 1,630 mm. La temperatura promedio anual es de 24 °C. La serie de suelo predominante en la localidad es Coto (Very-fine, kaolinitic, isohyperthermic Typic Eustrtox soil), con valores de pH de 6.2, y menos de 1.0 % de materia orgánica. El ensayo se estableció en un predio infestado naturalmente con los fitonematodos más importantes en el cultivo de plátanos (*Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus coffeae*, y *Rotylenchulus reniformis*) y donde se detectó la presencia de *C. sordidus*. La preparación del terreno consistió de dos cortes de arado, dos de rastrillado y dos pases de cultivadora. El ensayo se inició el 17 de marzo de 2003, y se finalizó en agosto de 2004. La siembra se realizó con cormos de plátano que fueron adquiridos de una plantación comercial aledaña a la Sub-estación experimental. Los cormos se mondaron superficialmente para eliminar el tejido afectado por nematodos y/o por larvas del picudo del plátano. Aquellos cormos con daños severos se descartaron. Con el fin de eliminar parte de la infestación de nematodos fitoparásitos y/o picudo del plátano, se efectuó un tratamiento presiembra de los cormos usados para el ensayo a excepción de aquellos asignados a las parcelas del tratamiento absoluto. Los cormos se sumergieron en una solución de Oxamyl (Vydate®)

a razón de 1L/95L de H<sub>2</sub>O/10 min. Al momento de la siembra se utilizaron 56.7g de superfosfato triple en el hoyo. Al cabo de 5 y 6 semanas después de la siembra se observó aproximadamente un 60% de germinación, por lo cual se precisó a efectuar una resiembra en el predio experimental. En el transcurso del ciclo de cultivo se realizaron las prácticas de fertilización, riego y control de malezas siguiendo las recomendaciones del Conjunto Tecnológico para la Producción de Plátanos y Guineos (Irizarry, et. al., 1995).

### **Diseño experimental**

El predio experimental ocupó un área total de 942 m<sup>2</sup> y el área constituida por la parcela experimental fue de 50.2 m<sup>2</sup>. Estas constaban de 3 hileras de plantas de plátano, espaciadas a 1.8 m x 1.8 m, para una densidad de 3,086 plantas/ha. Como material de siembra se utilizaron cormos de plátano (*Musa acumunata* x *M. balbisiana* AAB cv. ‘Maricongo’). El ensayo consistió de cinco tratamientos y cuatro réplicas arregladas en un diseño de bloques completos al azar (BCA). Los tratamientos evaluados incluyeron: T1. Rotación de Haba de terciopelo (*Mucuna deeringiana*) + plátano (cultivo principal): El tratamiento consistió de la siembra de *Mucuna deeringiana* en las parcelas experimentales por un periodo de 90 días antes del establecimiento de la siembra de plátanos. La *Mucuna* se sembró a una distancia de 0.91m x 0.91m para una densidad de 12,048 plantas /Ha. Al cabo de los 90 días las plantas se podaron a ras de suelo, se trozaron y se pesaron. El material vegetal ya trozado se esparció uniformemente en la parcela y se dejó como tapado orgánico por una semana. Después de este periodo se incorporó al suelo por medio de un cultivador mecánico (Figuras 2, 3 y 4). Al cabo de una semana de incorporado el material se procedió a la siembra del cultivo principal. T2.

Incorporación presiembra de materia orgánica al suelo + plátano: El tratamiento consistió de la aplicación de gallinaza seca proveniente de una granja de pollos barrilleros la cual fue comportada durante un periodo de 6 meses previo a su uso. La misma se aplicó al voleo uniformemente en la parcela experimental, a razón 7.3 kg /planta (22.5 ton/ha). Luego se incorporó al suelo por medio de un cultivador mecánico (Figuras 5 y 6). Una semana después se estableció el cultivo principal en la parcela. T3. Rotación de Haba de terciopelo (*Mucuna deeringiana*) + Incorporación presiembra de materia orgánica al suelo + plátano (cultivo principal): El tratamiento consistió de la siembra de *Mucuna deeringiana* como cultivo de rotación por un periodo de 90 días antes del establecimiento de la siembra de plátanos. Al cabo de los 90 días las plantas se podaron a ras de suelo, se trozaron y se pesaron. El material vegetal fresco se esparció en la parcela y se dejó como tapado orgánico por una semana. Después de este periodo se aplicó gallinaza a razón 7.3 kg /planta (22.5 ton/ha) sobre el material vegetal seco del cultivo de rotación. Fue entonces cuando se incorporó la combinación de materiales orgánicos al suelo por medio un cultivador mecánico, procediendo a la siembra de plátano una semana después. T4. Control Químico: El tratamiento incluyó la aplicación del nematicida-insecticida de uso común en el cultivo, phenamiphos (Nemacur® 15G) a razón de 3.0 g i.a./planta a los 6 y 12 meses después de la siembra. Este se aplicó a una distancia de 20 cm alrededor del pseudotallo. T5. Control Absoluto: En el tratamiento testigo no se aplicó tratamiento alguno para el control de nematodos y/o el picudo de plátano.



**Figura 2:** Parcelas de tratamientos que incluyeron un periodo de rotación con haba de terciopelo (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.).



**Figura 3:** Trozado de la biomasa producida por el haba de terciopelo (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.) en las parcelas de los tratamientos 1. y 3.



**Figura 4:** Cultivadora incorporando la biomasa seca de *Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr., producida por los tratamientos 1 y 3.



**Figura 5:** Tratamiento 2. Gallinaza aplicada en la parcela a razón de 22.5 toneladas por hectárea



**Figura 6:** Incorporación de materia orgánica en las parcelas del tratamiento 2.

### **Muestreo, procesamiento, e identificación de nematodos**

Con el fin de determinar el efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre en plátano, se tomaron muestras de suelo y raíz al final del primer ciclo de rotación, luego a los 4, 8 y 12 meses después de la siembra del cultivo principal. Se obtuvieron sub-muestras de tres plantas al centro de cada parcela a una distancia de 30 cm del pseudotallo y a una profundidad de 20 cm. Las sub-muestras se combinaron en una sola muestra obteniéndose en total 100 cm<sup>3</sup> de suelo y 100 g de raíz.

Las muestras recolectadas se procesaron en el Laboratorio de Nematología del Departamento de Protección de Cultivos, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. La extracción de las poblaciones de nematodos de suelo (100cm<sup>3</sup> de suelo/parcela) y raíz (100g de raíz/parcela) se realizó por medio del método de embudo de Baermann combinado con tamices según descrito por Chavarría-Carvajal (1988). Las muestras de raíz se lavaron inicialmente con agua para remover el particulado de suelo adherido a su superficie. Después se cortaron en segmentos de aproximadamente 1 cm de longitud y se trituraron en una licuadora (Waring Commercial Blender mo. 51BL32: New Hartford, CN), a 250 rpm por 15 segundos. Al cabo de 48 horas se decantaron 8 mL de suspensión de cada muestra procesada de suelo y/o raíz contenidas en los embudos de Baerman. Este volumen se vertió en una placa de conteo y los nematodos se identificaron bajo estereoscopio con la ayuda de claves taxonómicas apropiadas. Las poblaciones de nematodos se expresaron como número de nematodos en 100cm<sup>3</sup> de suelo o número de nematodos en 100 g de raíz.

**Crecimiento y desarrollo de las plantas:**

Otras variables incluidas fueron la altura y diámetro de las plantas a los 4 y 8 meses de siembra y a la floración. Además se incluyó como variables el número de hojas funcionales en florecida y cosecha, número de días de siembra a florecida y de florecida a cosecha, número de retoños en la cosecha, número de manos, frutos y peso de racimo. También se incluyó la variable por ciento de plantas volcadas por parcela experimental. La altura de la planta se midió desde la base del tronco a nivel de suelo hasta el punto de unión de las dos hojas más altas (jóvenes) usando una regla calibrada expansible (Crain Enterprises Inc, mo. 90180, Mound City, IL). El diámetro se midió con una cinta métrica calibrada, a un metro de altura de la planta desde la superficie del suelo. El número de hojas funcionales se determinó tomando aquellas hojas con 50% o más del área foliar libre de lesiones cloróticas o necróticas, rasgaduras u otros defectos que impidiesen su funcionamiento óptimo. Los racimos se pesaron usando una balanza de campo calibrada.

**Evaluación de daños:**

Para la evaluación del daño provocado por la larva del picudo se tomaron ocho plantas ya cosechadas por parcela experimental. Estas se cortaron transversalmente en la base del tallo por medio de una pala de corte afilada, y se cuantificó el número de túneles y el porcentaje de daño, según el método propuesto por Vilardebo (1973).

**Monitoreo y detección de los niveles poblacionales de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en el cultivo de plátano**

El ensayo consistió del establecimiento de trampas con atrayentes para el muestreo de los adultos de *C. sordidus* por el periodo de duración del experimento. El tipo de trampa empleada en el ensayo fue la trampa de rampa® con la feromona sexual Cosmolure +

1®), ambos desarrollados por ChemTica International, (San José, Costa Rica) (Figuras 7 y 8). La trampa rampa® era fabricada de plástico resistente, de color amarillo y de forma cuadrada (14 cm x 14 cm). Esta poseyó cuatro rampas de superficie ligeramente áspera que conducían hacia la misma fosa. Esta última se llenaba con 250 mL de agua como agente retenedor de los picudos. Cuatro columnas de plástico de 5 cm de longitud ubicadas en cada esquina de la trampa, sostenían un techo igualmente de plástico. Este cubría el agua contenida en la fosa y servía de sostén y resguardo para el cebo atrayente empleado en la experimentación. El atrayente Cosmolure + ®, consistía de un sobre de polietileno que contenía 90mg de sordidin puro y teñido para facilitar su visualización. Estos eran almacenados bajo condiciones de refrigeración ( $\pm 4$  °C) hasta el momento de su utilización en el campo. Una vez en el predio experimental estos se colocaban colgados de un gancho que estaba sujetado del techo de la trampa de ramapa y sobre la superficie del agua contenida en la fosa.

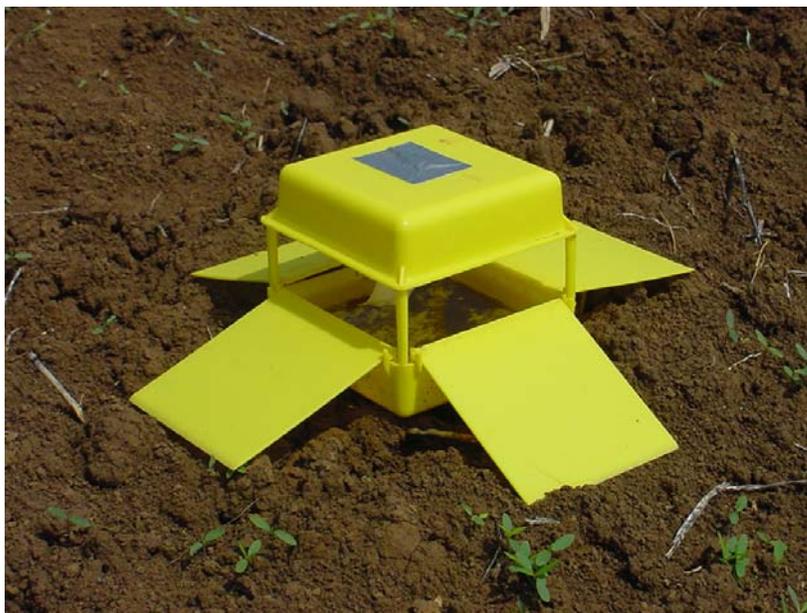
Las trampas se establecieron el día 13 de mayo de 2003 y permanecieron por un periodo de 68 semanas. Se ubicó un total de 8 trampas en el medio de las parcelas experimentales de los tratamientos 1 y 5, descritos en la sección de diseño experimental. Estas se colocaron de forma horizontal al nivel del suelo. Los insectos adultos trepaban por las rampas y caían en la fosa llena de agua de donde se recolectaban una vez por semana. El agua contenida en las trampas se reemplazaba semanalmente y los cebos atrayentes se cambiaban mensualmente. Los insectos capturados en las trampas se envasaban en frascos de cristal con aproximadamente 35 mL de alcohol 70 % para su preservación. Los frascos se identificaron con la fecha de recolección (semana de muestreo) y cantidad de adultos capturados, y se transportaron al Laboratorio de

Nematología del Departamento de Protección de Cultivos, (CCA-UPRM) para su clasificación. Los datos de los adultos recolectados por semana se promediaron entre el total de trampas y se generó una curva de abundancia semanal promedio por trampa. Se comparó el promedio de adultos capturados/semana/trampa, con la escala descrita por el fabricante (ChemTica International; San José, Costa Rica) que asigna tres niveles de captura semanal (bajo, medio y alto) por trampa para determinar el umbral económico en una hectárea. Esta escala se elaboró bajo condiciones ambientales distintas a las de Puerto Rico por lo que en este trabajo se cita solo como referencia (ChemTica International; San José, Costa Rica). La escala adaptada para el área comprendida por el predio experimental es la siguiente:

<b>Número de capturas/trampa/semana/942m<sup>2</sup></b>	<b>Nivel de captura</b>
<0.47	Bajo
0.47-0.95	Medio
> 0.95	Alto

Los adultos capturados se clasificaron por sexo bajo estereoscopio, por medio de una clave pictórica que usa como criterio el ángulo de inclinación del noveno esternito abdominal (Roth y Willis, 1963). A partir de la clasificación se obtuvo la razón sexual por medio de la fórmula:

$$\frac{\text{Total de machos ó hembras}}{\text{Total de adultos capturados}} = \text{Razón de machos ó hembras}$$



**Figura 7:** Trampa rampa con feromona comercial (Cosmolure +)<sup>®</sup>



**Figura 8:** Cebo (Cosmolure +)<sup>®</sup> suspendido del techo de la trampa

**Análisis estadístico de los datos:**

Los datos de las diferentes variables se sometieron a un análisis de la varianza a un nivel de significancia de 0.05. ( $P \leq 0.05$ ), y las comparaciones entre medias se realizaron por medio del análisis de DMS de Fisher. Se generó un contraste para probar la existencia de interacción para la combinación de variables en el tratamiento 3 (periodo de rotación con *Mucuna deeringiana* en combinación con la incorporación presiembra de material orgánico). Se generaron otros contrastes sólo para cumplir con la ortogonalidad del análisis de interacción. Los datos se transformaron para estabilizar normalidad y las varianzas cuando fue pertinente. Además, se obtuvo el índice de agregación ( $b$ ) de los insectos capturados en las trampas a partir del total de los datos por parcela (T1 y T5). Esto, mediante el método descrito por Taylor (1961), en donde ( $b > 0$ ) describe una distribución espacial tipo regular, ( $b = 1$ ), de tipo al azar, y ( $b > \infty$ ) de tipo agregada. El programa utilizado para los análisis estadísticos fue InfoStat, versión estudiantil 2005 e.1 (Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, República de Argentina).

## RESULTADOS

### **Efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre en el suelo**

Las poblaciones de nematodos fitoparásitos al final del primer ciclo de rotación, no fueron afectadas por los diferentes tratamientos experimentales. Esta variable no presentó diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos para este muestreo (Cuadro 1). Tampoco se registraron diferencias entre los tratamientos para el mismo número de nematodos fitoparásitos en  $100 \text{ cm}^3$  de suelo, a los 4, 8 y 12 meses después de la siembra. Sin embargo, el tratamiento control presentó una tendencia a mayores niveles poblacionales de fitonematodos durante los dos últimos muestreos. Este reportó valores de 999.20 y 2258.00 individuos en  $100 \text{ cm}^3$  de suelo; a los 8 y 12 meses después de la siembra, respectivamente (Cuadro 2). Las poblaciones de nematodos de vida libre en  $100 \text{ cm}^3$  de suelo, no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos tanto al final del primer ciclo de rotación, como a lo 4 meses después de la siembra del plátano. Sin embargo en este último muestreo, el tratamiento con gallinaza mostró una tendencia de mayores niveles poblacionales. Se observaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos experimentales para los nematodos de vida libre en el suelo, sólo a los 8 meses después de la siembra. En este análisis, el tratamiento de enmienda orgánica con gallinaza reportó un valor de 76.80 individuos en  $100 \text{ cm}^3$ , siendo significativamente mayor a los tratamientos de rotación con *Mucuna*, *Mucuna* - gallinaza y control químico, no así con el control absoluto. Por otro lado, no se registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para los niveles poblacionales de nematodos de vida libre en  $100 \text{ cm}^3$  de suelo a los 12 meses después de la siembra. En

este muestreo las tendencias de mayores niveles poblacionales se observaron en los tratamientos control químico y control absoluto (Cuadro 2).

**Cuadro 1: Efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo al final del primer ciclo de rotación <sup>1</sup>**

<b>Tratamiento</b>	<b>Nematodos Fitoparásitos <sup>2</sup></b>	<b>Nematodos de vida libre <sup>3</sup></b>
<i>Mucuna</i>	87.00 a	40.50 a
<b>Gallinaza</b>	57.25 a	25.50 a
<b><i>Mucuna</i> + Gallinaza</b>	77.50 a	50.50 a
<b>Control Químico</b>	81.50 a	38.25 a
<b>Control Absoluto</b>	55.25 a	11.25 a
<b>DMS</b>	62.63	40.30

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. <sup>2</sup>Nematodos Fitoparásitos incluyen: *Helicotylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Aphelenchus* spp. y *Aphelenchoides* spp. <sup>3</sup>Nematodos de Vida Libre incluyen: Rhabditoides y Dorylaimoides. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 2: Efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 4, 8 y 12 meses después de la siembra<sup>1</sup>**

Tratamiento	4 meses después de la siembra		8 meses después de la siembra		12 meses después de la siembra	
	F <sup>2</sup>	VL <sup>3</sup>	F	VL	F	VL
<i>Mucuna</i>	60.75 a	19.25 a	333.60 a	30.40 a	1494.00 a	44.00 a
Gallinaza	208.50 a	75.75 a	619.20 a	76.80 b	1570.00 a	32.00 a
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	484.25 a	37.75 a	765.60 a	36.00 a	1372.00 a	22.00 a
Control Químico	224.00 a	16.50 a	602.40 a	40.80 a	1442.00 a	72.00 a
Control Absoluto	55.75 a	32.00 a	999.20 a	48.00 ab	2258.00 a	60.00 a
DMS	350.34	49.86	855.52	30.72	2439.81	71.14

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. <sup>2</sup>Nematodos Fitoparásitos (F) incluyen: *Radopholus* spp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Aphelenchus* spp. <sup>3</sup>Nematodos de Vida Libre (VL) incluyen: Rhabditoides, Dorylaimoides y Mononchidos. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

### **Efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la raíz**

El análisis de las poblaciones de nematodos fitoparásitos en tejido radical, presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos a los 4 meses después de la siembra del plátano. El tratamiento control, reportó un promedio de 258.57 individuos fitoparásitos en 100 g de raíz, siendo significativamente mayor que el tratamiento de rotación con *Mucuna*, la enmienda orgánica con gallinaza, *Mucuna* - gallinaza y el control químico. El tratamiento combinado entre la rotación de *Mucuna* más la aplicación de gallinaza incorporada al suelo, reportó una interacción significativa ( $P \leq 0.05$ ) al obtener un promedio de 0.00 individuos fitoparásitos en 100 g de raíz. Los muestreos realizados a los 8 y 12 meses después de la siembra del plátano, no reflejaron diferencias poblacionales significativas entre tratamientos. Sin embargo se puede observar una tendencia de mayores niveles poblacionales de fitonematodos en 100g de raíz en el tratamiento control a los 12 meses después de la siembra (Cuadro 3).

Las poblaciones de nematodos de vida libre muestreadas en 100g de raíz, reflejaron diferencias entre los tratamientos experimentales a los 4 meses después de la siembra. En este muestreo, el tratamiento control fue mayor significativamente ( $P \leq 0.05$ ) que el resto de los tratamientos, reportando un promedio de 213.25 individuos de vida libre en 100g de raíz. Sin embargo, la misma variable no reflejó diferencias estadísticas entre los tratamientos para los dos últimos muestreos, realizados a los 8 y 12 meses después de la siembra del cultivo (Cuadro 3).

**Cuadro 3: Efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos en 100g de raíz a los 4, 8 y 12 meses después de la siembra<sup>1</sup>**

Tratamiento	4 meses después de la siembra		8 meses después de la siembra		12 meses después de la siembra	
	F <sup>2</sup>	VL <sup>3</sup>	F	VL	F	VL
<i>Mucuna</i>	12.32 a	18.00 a	244.00 a	416.00 a	140.00 a	180.00 a
Gallinaza	10.82 a	33.00 a	490.00 a	150.00 a	652.00 a	352.00 a
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	0.00*	6.00 a	562.00 a	150.00 a	488.00 a	184.00 a
Control Químico	5.81 a	6.00 a	134.00 a	96.00 a	220.00 a	512.00 a
Control Absoluto	258.57 b	213.25 b	1070.00 a	304.00 a	496.00 a	644.00 a
DMS	55.05 <sup>†</sup>	135.40	850.38	193.96	843.70	584.45

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. <sup>2</sup>Nematodos Fitoparásitos (F) incluyen: *Radopholus* spp, *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Aphelenchus* spp. <sup>3</sup>Nematodos de Vida Libre (VL) incluyen: Rhabditoides, Dorylaimoides y Mononchidos. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas (P ≤ 0.05) según DMS de Fisher. \*Interacción significativa. DMS: Diferencia mínima significativa. <sup>†</sup>Diferencia mínima significativa y medias correspondientes destranformadas

## **Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas**

### Altura de la planta

Las plantas del tratamiento con gallinaza, fueron en promedio más altas que aquellas bajo otros tratamientos experimentales en todos los periodos de medición. El análisis de la varianza de los datos recolectados a los cuatro meses después de la siembra, reflejó diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre los promedios de cada tratamiento, siendo el tratamiento con gallinaza mayor significativamente del tratamiento a base de control químico y el control absoluto. No así del tratamiento rotación con *Mucuna* y el tratamiento combinación *Mucuna* - gallinaza. A los ocho meses después de la siembra, el tratamiento con gallinaza, registró una altura promedio de 272.52 centímetros, resultando mayor significativamente que los tratamientos de rotación con *Mucuna*, control químico y control absoluto. No así el tratamiento de rotación con *Mucuna* más gallinaza. Al momento de la florecida, las plantas bajo el tratamiento con gallinaza, fueron significativamente más altas que aquellas en los tratamientos bajo rotación con *Mucuna* y el control absoluto. Sin embargo, el valor promedio registrado por este tratamiento (323.07 cm) no fue estadísticamente diferente del valor presentado por el tratamiento combinado entre la rotación con *Mucuna* más gallinaza (318.13 cm) y el control químico (312.52 cm) (Cuadro 4).

### Diámetro de la planta:

Para la variable diámetro de la planta a los cuatro meses después de la siembra, el tratamiento con gallinaza, resultó mayor significativamente ( $P \leq 0.05$ ) en comparación con el resto de los tratamientos experimentales, a excepción del tratamiento de rotación con *Mucuna*. A los 8 meses después de la siembra, las plantas del tratamiento con

gallinaza, reportaron un diámetro promedio significativamente mayor al resto de los tratamientos experimentales. Seguido de este tratamiento y en orden descendente, el tratamiento combinado entre la rotación con *Mucuna* y la gallinaza incorporada obtuvo un diámetro promedio mayor (43.78 cm). Este su vez, fue significativamente diferente del presentado por las plantas en el tratamiento a base del control químico. Sin embargo, no fue estadísticamente distinto de los valores presentados por aquellas en los tratamientos de rotación con *Mucuna* (42.35 cm) y control absoluto (43.58 cm). Al momento de la florecida, el diámetro promedio de las plantas bajo el tratamiento con gallinaza incorporada al suelo fue mayor significativamente del resto de los tratamientos en el ensayo. Seguido de este tratamiento, el tratamiento combinado *Mucuna*-gallinaza presentó un diámetro promedio mayor (48.47 cm) y significativamente distinto de los tratamientos de rotación con *Mucuna*, control absoluto y control químico (Cuadro 5).

Número de hojas funcionales y retoños por planta:

La variable número de hojas funcionales por planta medida en la florecida del cultivo, no reflejó diferencias significativas entre los distintos tratamientos experimentales. Tampoco se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos para la variable número de hojas funcionales por planta durante el periodo de cosecha del cultivo (Cuadro 6). Por otro lado, el número de retoños por planta para el tratamiento con gallinaza, reflejó un valor promedio de 12.47 retoños por planta, resultando mayor significativamente con respecto a los tratamientos de rotación con *Mucuna*, control químico y control absoluto. Sin embargo, no fue significativamente distinto del tratamiento combinado *Mucuna*-gallinaza (Cuadro 6).

Número de días de siembra a floración y de siembra a cosecha:

Se registraron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos experimentales para el número de días que se tomó el cultivo desde el momento de su siembra hasta su florecida. Los promedios más altos fueron reportados por el control químico (319.45 días) y el tratamiento combinado *Mucuna*-gallinaza (317.34 días), siendo significativamente distintos de los tratamientos de rotación con *Mucuna*, incorporación de gallinaza al suelo y control absoluto. Sin embargo, no fueron significativamente distintos entre sí. Por otro lado, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos para el número de días que se tomó el cultivo desde el momento de su siembra hasta su cosecha (Cuadro 7).

**Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plantas volcadas por parcela experimental**

El análisis de la varianza realizado para el porcentaje de plantas volcadas por parcela experimental no reflejó diferencias significativas entre los tratamientos experimentales ( $P \leq 0.05$ ). Aunque no se reportó diferencia estadística entre tratamientos, el tratamiento control mostró una tendencia porcentual mucho mayor de plantas volcadas por parcela experimental. Este tratamiento reportó un promedio de 40.63 por ciento de plantas volcadas por parcela (Cuadro 8).

**Efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento por planta:**

Los promedios más altos registrados en cada variable de rendimiento observada fueron obtenidos por las plantas del tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo. Este tratamiento obtuvo un valor promedio de 7.41 manos por racimo, resultando significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a los tratamientos de rotación con

*Mucuna*, control químico y control absoluto. Sin embargo, este tratamiento no fue significativamente distinto del tratamiento combinado *Mucuna* - gallinaza. El número promedio de frutos por racimo registrado por el tratamiento con gallinaza fue de 42.81. Este tratamiento fue mayor significativamente que los tratamientos de rotación con *Mucuna* y control químico, no así del tratamiento combinado *Mucuna* - gallinaza y control absoluto. Estos dos últimos tratamientos obtuvieron un promedio de 40.37 y 39.95 frutos por racimo respectivamente. Por otro lado, las plantas en el tratamiento con gallinaza obtuvieron racimos significativamente más pesados que el resto de los tratamientos experimentales. Este reportó un peso promedio de racimo por planta de 16.92 Kg. Seguido de este tratamiento y en orden descendente, el tratamiento de rotación con *Mucuna* obtuvo un valor promedio de 15.12 Kg por planta (Cuadro 9). Las frutas de todos los tratamientos experimentales registraron un peso medio entre 342 y 395 gramos, sobrepasando el valor considerado como mercadeable de 270g (Irizarry et al., 1991).

**Cuadro 4: Efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta (cm) <sup>1</sup>**

Tratamiento	4 meses después de la siembra	8 meses después de la siembra	Florecida
<i>Mucuna</i>	123.60 bc	253.89 ab	309.29 ab
<b>Gallinaza</b>	132.86 c	272.52 c	323.07 c
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	123.25 bc	259.04 bc	318.13 bc
<b>Control Químico</b>	108.26 a	243.86 a	312.52 abc
<b>Control Absoluto</b>	122.40 b	249.58 ab	301.76 a
<b>DMS</b>	10.05	14.27	11.25

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 5: Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de la planta (cm) <sup>1,2</sup>**

Tratamiento	4 meses después de la siembra	8 meses después de la siembra	Florecida
<i>Mucuna</i>	27.12 cd	42.35 ab	46.71 a
<b>Gallinaza</b>	27.98 d	47.48 c	51.93 c
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	24.64 ab	43.78 b	48.47 b
<b>Control Químico</b>	22.90 a	40.14 a	45.89 a
<b>Control Absoluto</b>	25.74 bc	43.58 b	46.70 a
<b>DMS</b>	2.01	2.55	1.40

<sup>1</sup>Medida del diámetro de la planta tomada a los 100 cm de altura. <sup>2</sup>Media de cuatro repeticiones. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 6: Efecto de los tratamientos sobre el número de hojas funcionales y retoños por planta <sup>1</sup>**

Tratamiento	Hojas funcionales en la florecida	Hojas funcionales en la cosecha	Retoños en la cosecha
<i>Mucuna</i>	11.74 a	8.90 a	9.43 a
Gallinaza	11.47 a	9.36 a	12.14 b
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	12.09 a	9.21 a	10.71 ab
Control Químico	11.71 a	8.85 a	8.84 a
Control Absoluto	11.25 a	8.26 a	9.93 a
DMS	0.68	0.77	1.99

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 7: Efecto de los tratamientos sobre el número de días de siembra a floración y de siembra a cosecha <sup>1</sup>**

Tratamiento	Días de siembra a floración	Días de siembra a cosecha
<i>Mucuna</i>	305.53 a	396.98 a
Gallinaza	306.04 a	397.82 a
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	317.34 b	406.04 a
Control Químico	319.45 b	406.46 a
Control Absoluto	303.51 a	394.95 a
DMS	8.85	10.76

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 8: Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plantas volcadas por parcela** <sup>1,2</sup>

<b>Tratamiento</b>	<b>Porcentaje de plantas volcadas / parcela</b>
<i>Mucuna</i>	9.38 a
Gallinaza	12.50 a
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	12.50 a
Control Químico	18.75 a
Control Absoluto	40.63 a
<b>DMS</b>	27.63

<sup>1</sup>Parcela útil compuesta por 8 plantas. <sup>2</sup>Media de cuatro repeticiones. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

**Cuadro 9: Efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento por planta** <sup>1</sup>

<b>Tratamiento</b>	<b>No. Manos</b>	<b>No. Frutas</b>	<b>Peso (Kg)</b> <sup>2</sup>
<i>Mucuna</i>	6.86 a	38.79 a	15.12 a
Gallinaza	7.41 b	42.81 b	16.92 b
<i>Mucuna</i> + Gallinaza	7.10 ab	40.37 ab	14.83 a
Control Químico	6.87 a	39.03 a	14.58 a
Control Absoluto	6.88 a	39.95 ab	13.67 a
<b>DMS</b>	0.37	3.35	1.75

<sup>1</sup>Media de cuatro repeticiones. <sup>2</sup>Peso del racimo sin el raquis. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa

### **Número de galerías y daño porcentual provocado por *Cosmopolites sordidus***

El número más alto de galerías hechas por la larva de *C. sordidus* lo registró el tratamiento control con un valor promedio de 7.39 galerías (Cuadro 10). Este fue significativamente ( $P \leq 0.05$ ) mayor que los tratamientos de rotación con *Mucuna*, incorporación de gallinaza al suelo y el tratamiento combinado *Mucuna*-gallinaza. Sin embargo, no fue estadísticamente diferente del tratamiento control químico, el cual obtuvo un promedio de 3.97 galerías. No se registraron diferencias entre los tratamientos a base de rotación de cultivos y/o enmiendas orgánicas con respecto al tratamiento control químico. Por otro lado, no fue posible la utilización del análisis de varianza realizado para la variable daño porcentual ya que no cumple con el supuesto de varianzas homogéneas. Sin embargo se puede observar la tendencia de daño más severo en el tratamiento control, obteniéndose un promedio de 19.51 por ciento (Cuadro 10). El valor promedio más bajo lo registró el control químico con un 1.01 por ciento de daño en el pseudotallo.

### **Monitoreo y detección de los niveles poblacionales de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en el cultivo de plátano**

El número de capturas de adultos del picudo del plátano varió através del periodo de muestreo, registrándose los niveles poblacionales más altos durante las primeras 28 semanas de muestreo (Figura 9). Luego de este periodo no se registraron valores que sobrepasaran el nivel bajo de umbral económico ( $<0.47$  adultos capturados/trampa/semana), según la escala descrita por el fabricante de las trampas con feromona y adaptada para el área comprendida por el predio experimental. Se determinó que la razón sexual para los adultos capturados fue de 0.66 : 0.33 (Cuadro 11).

Análisis de distribución espacial:

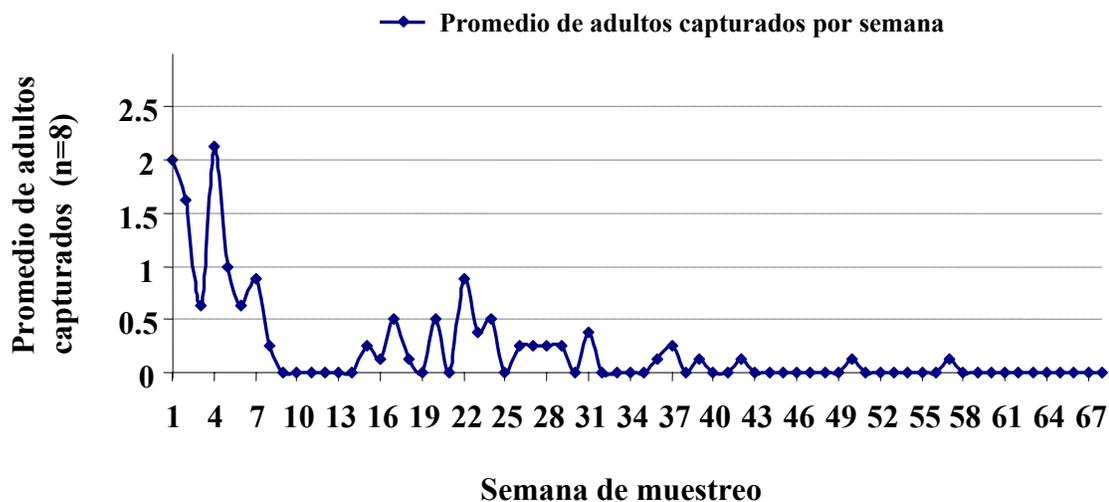
El gráfico de regresión lineal realizado a partir del total de conteos de picudos adultos capturados en el tratamiento 1 (Figura 10) refleja patrones de distribución espacial tipo regular (varianza < media), al azar (varianza = media) y agregada (varianza > media) en distintas fechas de muestreo. La mayoría de estas fechas reflejan una relación donde la varianza es mayor que la media, indicando un patrón de agregación de estas muestras. Los estadísticos asociados al análisis de regresión lineal para el total de los conteos en el tratamiento 1 (Figura 10) llevaron al cálculo de un valor  $t$  mayor al valor de  $t$  en la distribución estudentizada de  $t$ , lo que lleva a la conclusión que el índice de agregación es  $b > 1$ . Por lo tanto, existe evidencia para afirmar que el total de los insectos capturados en las trampas del tratamiento 1 manifestaron una distribución tipo agregada. De manera similar, el gráfico de regresión lineal del total de picudos capturados en el tratamiento 5, reflejó tres tipos de distribución espacial, predominando un patrón agregado de los insectos en la mayoría de las fechas de muestreo. También se encontró un valor de  $t$  calculado mayor al valor tabular, indicando que el índice de agregación es  $b > 1$ , y por ende, existe evidencia para afirmar un patrón de agregación del total de insectos capturados en las trampas del tratamiento 5 (Figura 11).

**Cuadro 10: Efecto de los tratamientos sobre el número de galerías y daño porcentual provocado por la larva de *Cosmopolites sordidus*<sup>1,2</sup>**

<b>Tratamiento</b>	<b>Número de galerías</b>	<b>Daño porcentual</b>
<i>Mucuna</i>	2.97 a	2.50 a
<b>Gallinaza</b>	3.09 a	4.37 a
<b><i>Mucuna</i> + Gallinaza</b>	3.39 a	2.41 a
<b>Control Químico</b>	3.97 ab	1.01 a
<b>Control Absoluto</b>	7.39 b	19.51 b
<b>DMS</b>	1.88 <sup>†</sup>	5.14 <sup>*</sup>

<sup>1</sup>Daño porcentual asignado según Vilardebo A.1973. <sup>2</sup>Media de cuatro repeticiones  
 Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) según DMS  
 de Fisher. DMS: Diferencia mínima significativa. <sup>†</sup>Diferencia mínima significativa y  
 medias correspondientes destranzadas. <sup>\*</sup>Análisis no cumple supuestos del análisis de  
 varianza

**Figura 9: Promedio de adultos de *Cosmopolites sordidus* capturados en las trampas de rampa por semana**

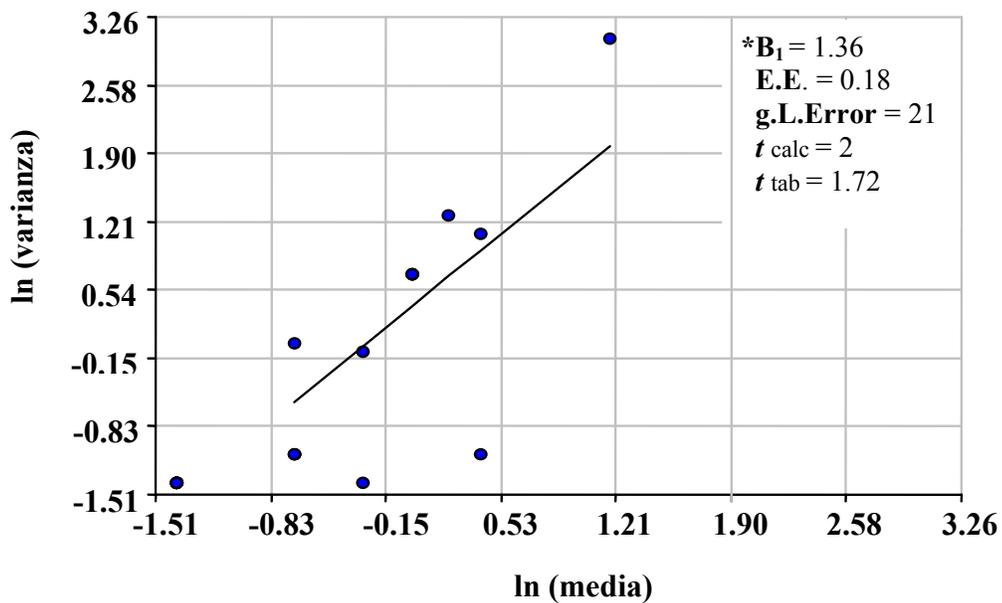


**Cuadro 11: Razón sexual del total de adultos de *Cosmopolites sordidus* identificados**

Adultos identificados	Razón sexual	
75 (♂)	0.66	-
38 (♀)	-	0.34
<sup>1</sup> Total adultos = 113	<b>0.66 : 0.34</b>	

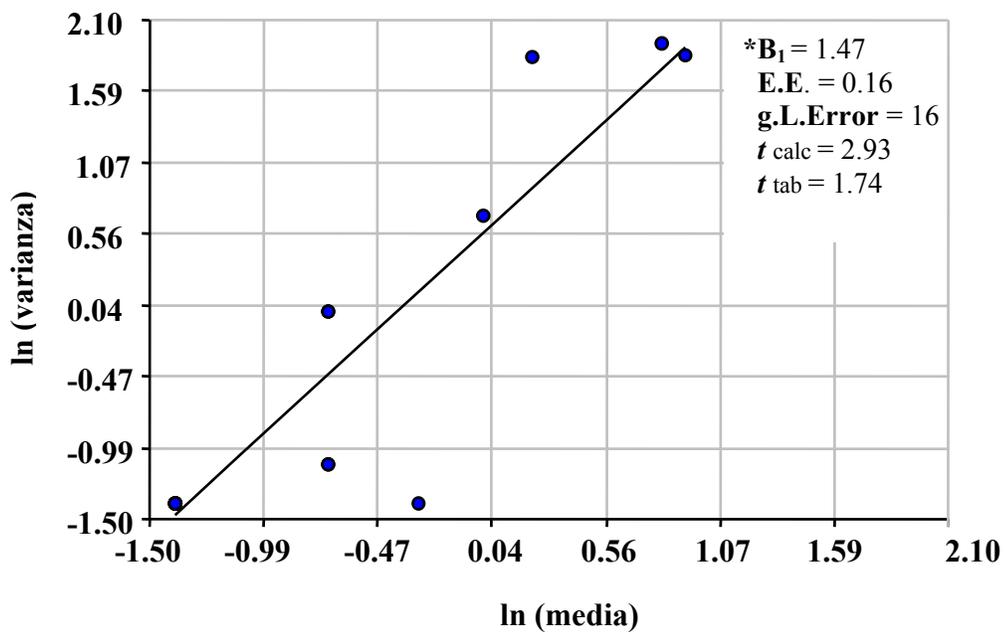
(♂): Machos; (♀): Hembras; <sup>1</sup> Total de adultos identificados de un total de 117 capturados en ocho trampas.

**Figura 10: Regresión lineal para ln (media) vs. ln (varianza) del total de los conteos del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*) en las parcelas del tratamiento 1.**



\* $B_1$ :Pendiente., E.E.:Error Estandar de  $B_1$ ., g.L. Error: grados de libertad del error.,  $t_{calc}$ : Valor de  $t$  calculado a partir de  $B_1 - 1/E.E.$ ,  $t_{tab}$ : Valor de  $t$  obtenido de la distribución estudentizada de  $t$  con g.L. Error y  $\alpha$  de 0.05.

**Figura 11: Regresión lineal para ln (media) vs. ln (varianza) del total de los conteos del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*) en las parcelas del tratamiento 5.**



\* $B_1$ :Pendiente., E.E.:Error Estandar de  $B_1$ ., g.L. Error: grados de libertad del error.,  $t_{\text{calc}}$ : Valor de  $t$  calculado a partir de  $B_1 - 1/E.E.$ ,  $t_{\text{tab}}$ : Valor de  $t$  obtenido de la distribución estudentizada de  $t$  con g.L. Error y  $\alpha$  de 0.05.

## DISCUSIÓN

### **Poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre**

De acuerdo a los resultados obtenidos, existe evidencia estadística para afirmar un efecto en la reducción poblacional de fitonematodos en tejido radical a los 4 meses después de la siembra (Cuadro 3). Esto, en las parcelas de los tratamientos de rotación con *Mucuna* (T1), incorporación de gallinaza al suelo (T2) y el tratamiento combinado *Mucuna* – gallinaza (T3), con respecto al tratamiento control (T5). Sin embargo, el control químico (T4), obtuvo niveles poblacionales similares a la de los tratamientos donde se realizaron las prácticas de rotación de cultivos y/o a las enmiendas orgánicas. La baja densidad poblacional obtenida en las parcelas del control químico se puede atribuir al efecto ejercido por la inmersión presiembra de los cormos en el nematicida Oxamyl. Esta práctica se realizó en las parcelas del control químico y en aquellas de los tratamientos de rotación de cultivos y/o enmienda orgánica, con el fin de reducir parte de la infestación de nematodos fitoparásitos y/o de picudo del plátano que portaba el material de siembra. Sin embargo, no se atribuye o descarta con seguridad que el plaguicida haya tenido un efecto de reducción de las poblaciones de fitonematodos en las parcelas de los tratamientos con rotación y/o de enmiendas orgánicas, o lo haya tenido las prácticas de agricultura sustentables. Los resultados obtenidos no proveen la información para separar estos posibles efectos y por ende no se excluyen estas vertientes como causales de la reducción poblacional de los nematodos fitoparásitos a los 4 meses después de la siembra del plátano.

Por otro lado, la falta de diferencias significativas en los niveles poblacionales de fitonemátodos reportados por los tratamientos, puede estar asociado a la variabilidad en

el número de especies fitoparasíticas recuperadas entre bloques, elevándose los coeficientes de variación por análisis estadístico. Sin embargo, al evaluar los promedios obtenidos tanto en el suelo como en la raíz, podemos observar que existe una tendencia de reducción de las poblaciones en los tratamientos de rotación con *Mucuna*, incorporación de gallinaza al suelo y el tratamiento combinado *Mucuna* – gallinaza, en los periodos próximos a la floración del cultivo. Estos tratamientos registraron valores promedio comparables a los reportados por el control químico y menores a los del control absoluto a los 8 y 12 meses después de la siembra en el suelo, y a los 8 meses después de la siembra en las raíces (Cuadro 2 y 3). El comportamiento de las poblaciones fitoparasíticas tanto en suelo como en la raíz, sugiere la existencia de antagonismo en estos tratamientos, derivados de las prácticas de rotación de cultivos y de la incorporación de material orgánico al suelo. Existen reportes en la literatura que indican que ambas prácticas son efectivas reduciendo las poblaciones de nematodos fitoparásitos en plátano, mediante el uso del haba de terciopelo *Mucuna deeringiana* y de la incorporación de gallinaza en el suelo (Saavedra y Vargas-Ayala, 1999; Chavarría, et al., 2000). La rotación del cultivo principal con *Mucuna deeringiana* y la incorporación de su biomasa (32.4 tons/ha) como materia orgánica en el suelo, pudo haber estimulado el aumento y establecimiento de una flora microbiana antagonista a fitonematodos (Rodríguez-Kábana, 1991), y por consiguiente se observa esta tendencia de reducción en sus niveles poblacionales. La *Mucuna* spp. mantiene en sus raíces una microflora distinta a la que portan otros cultivos y sus efectos pueden modificar las densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos en su rizósfera (Kloepper et. al., 1991; Quiroga-Madrigal et. al., 1999). De igual manera, la incorporación de gallinaza como enmienda al suelo (22.5

tons/ha) promueve el crecimiento de un amplio espectro de organismos de los cuales una parte de ellos pudo tener actividad antagónica a nematodos (Rodríguez-Kábana, 1986; Kaplan, et. al., 1992). El incremento en la actividad microbiana luego de una aplicación de materia orgánica, incrementa a su vez la actividad enzimática en el suelo y es posible que algunas de estas enzimas hayan tomado parte en la destrucción de nematodos y sus huevos (Stirling, 1991; Chavarría-Carvajal, 1997). Además, la descomposición de materiales con un alto contenido de nitrógeno como lo es la gallinaza ( $\pm 3\%$ ) y que es mediada por acción microbiana, libera compuestos orgánicos como la amonía que resultan tóxico a los nematodos (Kaplan and Noe, 1993; Rodríguez-Kábana et al., 1987). La serie de eventos que toman paso luego de efectuarse prácticas agronómicas como la rotación de cultivos y/o la incorporación de material orgánico al suelo, sumado a las tendencias observadas en los tratamientos T1, T2 y T3 al ser comparados con el control químico y control absoluto, sugiere una posible reducción en los niveles poblacionales de fitonemátodos para los periodos próximos a la floración.

A diferencia de otros periodos, la tendencia poblacional más elevada de nematodos fitoparásitos en tejido radical a los 12 meses después de la siembra, la obtuvo el tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo (652.00 individuos /100g de raíz). Esto pudo deberse a la pérdida de efectividad nematicida de la enmienda. Según varios investigadores, la acción nematicida de algunas enmiendas orgánicas se debe en parte a su alto contenido de nitrógeno (Rodríguez-Kábana, 1986; Kaplan and Noe, 1993). Por consiguiente, la pérdida del contenido de nitrógeno de la gallinaza que acontece a través del tiempo (Muñoz et. al., 1990), pudo disminuir la efectividad supresora de nematodos fitoparásitos en este tratamiento. Según Gowen y Quénéhervé (1990), las poblaciones de

nematodos se encuentran por lo general en un continuo ciclo reproductivo, influenciado por el vigor de la planta y por los factores ambientales. Entre estos factores ambientales se incluyen la temperatura del suelo, las características del suelo, la topografía, y las prácticas de manejo en el agroecosistema (Ferris and Noling, 1987). Las plantas en el tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo fueron mas vigorosas que en el resto de los tratamientos experimentales, obteniendo valores promedio más altos en las variables de crecimiento y desarrollo (Cuadros, 4, 5 y 6). Además obtuvieron un mayor número de manos, frutas y mayor peso de los racimos por planta (Cuadro 7). Según varios investigadores (Stover and Simmonds, 1987; Robinson, 1996) el peso del racimo y el rendimiento, se correlacionan positivamente con el volumen del sistema radical del plátano. Por ende, se puede sugerir la teoría de que existió un mayor volumen de sistema radical en el tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo, y que una mayor disponibilidad de este tejido (fuente de alimento) pudo provocar el aumento en la densidad poblacional de los nematodos a los 12 meses después de la siembra.

Por otro lado, al evaluar las poblaciones de nematodos de vida libre reportadas en 100 cm<sup>3</sup> de suelo, podemos observar que desde el primer muestreo, al final del primer ciclo de rotación, hasta los 8 meses después de la siembra, las tendencias más altas se registraron en aquellos tratamientos donde se emplearon prácticas de rotación de cultivos o de enmienda orgánica (Cuadros 1 y 2). A partir del muestreo realizado a los 4 meses después de la siembra, las poblaciones de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz experimentaron un incremento en los mismos tratamientos hasta los 8 meses después de la siembra (Cuadro 3). Estos hallazgos sugieren, que las prácticas realizadas en estos tratamientos, pudieron haber generado condiciones favorables para el crecimiento

poblacional de especies de vida libre en el suelo y la raíz, hasta el periodo próximo a la florecida del cultivo. Esto coincide con lo observado por Cavarria-Carvajal, (1997), Akhatar (2000), y Chavarria-Carvajal et al. (2001). Estos afirman que el número de nematodos de vida libre tiende a aumentar en suelos tratados con ciertas enmiendas de origen orgánico. Los nematodos de vida libre aumentan numéricamente como consecuencia del crecimiento de organismos descomponedores de materia orgánica como lo son bacterias y hongos, que constituyen una fuente de alimentación para estas especies. Los nematodos de vida libre, compiten por nichos ecológicos y representan un factor de mortalidad para las especies fitoparasíticas (Stirling, 1991). Interesantemente, se denota la tendencia de reducción poblacional de especies fitoparasíticas en suelo y raíz en periodos donde las especies de vida libre aumentan. Esto concuerda con lo observado por Chavarria (1997), Akhatar (2000), y Chavarria-Carvajal et al. (2001), y sugiere que las prácticas agrícolas realizadas en los tratamientos T1, T2 y T3, afectaron en cierto grado las poblaciones de ambas especies de nematodos, debido a la liberación de sustancias tóxicas producidas en la descomposición de los materiales de origen orgánico incorporados y por medio de cambios en la composición microbiológica del suelo.

En contraste con periodos anteriores, las densidades poblacionales de nematodos de vida libre en el suelo y la raíz, manifestaron tendencias más elevadas en el tratamiento a base de químico y en el control absoluto a los 12 meses después de la siembra. La reducción de los niveles poblacionales de nematodos de vida libre en los tratamientos de rotación con *Mucuna*, incorporación de gallinaza al suelo y rotación *Mucuna* más gallinaza incorporada, pueden atribuirse a la pérdida de efectividad de las prácticas realizadas en estos tratamientos. La efectividad pudo disminuirse como consecuencia del

alto grado de descomposición que los materiales de origen orgánico en estos tratamientos adquirieron a través del tiempo. La descomposición está mediada por factores bióticos y abióticos, y tiene como consecuencia la reducción de organismos en el suelo que sirven como alimento para las especies de vida libre. Según Rodríguez-Kábana y colaboradores (1987), es posible mantener esta microflora en el suelo por periodos prolongados, mediante la aplicación periódica de materiales orgánicos selectos. Esto mantendría o incrementaría las poblaciones de especies de vida libre y a su vez, la actividad antagónica a especies fitoparasíticas.

### **Crecimiento y desarrollo de las plantas:**

#### Altura y diámetro:

El tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo incrementó significativamente la altura y diámetro de las plantas en comparación con el control químico y absoluto, debido al suministro adicional de nutrimentos. Según Muñoz y colaboradores (1990), la gallinaza es una fuente excelente de nitrógeno, fósforo, potasio y en menor grado podría suplir calcio y magnesio a los cultivos. De estos elementos, el nitrógeno es clave para la nutrición de musáceas ya que promueve su crecimiento y desarrollo bajo condiciones favorables de cultivo. La relación entre el crecimiento de la planta y la obtención de nitrógeno es una muy estrecha. Aplicaciones adicionales de nitrógeno son esenciales inclusive en suelos fértiles ya que los factores ambientales prevalecientes en el trópico pueden provocar la escasez del nutrimento en los suelos (Robinson, 1996). La gallinaza como material orgánico suple la necesidad de nitrógeno del plátano y su incorporación al suelo puede reducir la pérdida del nutrimento ocasionada por la volatilización, escorrentía o lixiviación (Muñoz and Martínez, 1991). Se desconoce el por qué las plantas bajo el

tratamiento combinado *Mucuna* - gallinaza no mostraron una mayor respuesta de crecimiento en el diámetro de la planta que obtuvo el tratamiento de incorporación de gallinaza. Se debe investigar si la combinación de estas dos prácticas tiene efectos similares o distintos a los observados bajo diferentes condiciones experimentales.

Número de hojas funcionales y retoños por planta:

No existe evidencia estadística para afirmar que el número de hojas funcionales en la florecida y al momento de la cosecha, fueran diferentes entre los tratamientos aplicados en el experimento. Según Agrios (1997), un número menor de hojas funcionales se asocia con una alta infestación de *R. similis* en las raíces de la planta. Sin embargo los reportes en la literatura en cuanto al efecto provocado por *R. similis* en el número de hojas funcionales en el plátano no han sido consistentes, por lo que ha llevado a otros investigadores a refutar la asociación entre estas dos variables (Fogain, 2000). Los resultados del presente estudio, coinciden con Fogain (2000), quien no observó diferencias en el número de hojas funcionales entre plantas tratadas con nematicida y plantas en el tratamiento control. Por otro lado, una mayor cantidad de hojas funcionales en un cultivar, cuyo promedio habitual es menor en un periodo determinado de su ciclo fenológico, puede estar asociado a un mayor grado de vigor en la planta (Robinson, 1996). Las plantas en el tratamiento de incorporación de gallinaza evidenciaron un alto grado de vigor mediante las variables altura y diámetro del tallo (Cuadros 4 y 5). Sin embargo, no siempre se ha observado un número promedio mayor de hojas funcionales en plantas consideradas vigorosas (Rodríguez and Irizarry, 1979).

El tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo mostró el promedio mayor de retoños producidos por planta al momento de la cosecha. Esto coincide con varios

reportes que afirman incrementos en el número de retoños en plátano mediante aplicaciones de varias enmiendas orgánicas incluyendo gallinaza (Obiefuna, 1990; Obiefuna, 1991). El incremento en el número de retoños por planta es un indicativo de vigor, que a la misma vez aumenta la disponibilidad de material para nuevas siembras o para su venta (Irizarry et al., 1995). La aplicación de gallinaza promueve el desarrollo de un mayor número de retoños por planta y por ende su utilización asegura continuos dividendos para el agricultor.

#### Número de días de siembra a floración y de siembra a cosecha:

La florecida en los tratamientos *Mucuna*-gallinaza y control químico, se atrasó en comparación con el resto de los tratamientos experimentales. Sin embargo se redujo el número de días de florecida a cosecha para algunos tratamientos. Según Fogain (2000), las variaciones en el ciclo de crecimiento del plátano no se deben utilizar como un indicador del grado de infestación de nematodos fitoparásitos. Los resultados del presente ensayo coinciden con los de Fogain (2000), quien no observó fluctuaciones de tiempo entre plantas tratadas con plaguicidas y plantas control. Las variaciones en el ciclo de crecimiento pueden estar mejor asociadas a factores como lo son la temperatura, la precipitación (Ndubizu and Okafor, 1976), la localización, densidad de la plantación (Irizarry et. al., 1981) y el tamaño del material de siembra (Rodríguez and Irizarry, 1979). Se ha observado la reducción del periodo vegetativo mediante la aplicación de 673 kg de  $K_2O$  ó de 0 kg de MgO por hectárea en presencia de altos niveles de otros macronutrientes. Sin embargo estas dosificaciones no se han asociado con rendimientos óptimos de cultivo (Samuels et .al., 1978). Además, no siempre se ha observado esta respuesta mediante la aplicación de distintos niveles de fertilizantes

(Irizarry et. al., 1981). Los resultados del presente estudio coinciden con Obiefuna (1990), quien no observó cambios en el ciclo fenológico del plátano mediante aplicaciones de varios materiales de origen orgánico entre éstos la gallinaza.

#### **Porcentaje de plantas volcadas por parcela:**

El análisis realizado para esta variable no fue significativo debido a un valor atípico (0 por ciento de plantas volcadas) registrado en el bloque número uno del tratamiento control absoluto. Como consecuencia se elevó el coeficiente de variación del análisis estadístico y por ende no se observaron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia mayor en el porcentaje de plantas volcadas por parcela en el tratamiento control absoluto, en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 8). Según Fogain (2000), el porcentaje de volcamiento está relacionado con el nivel de infestación de nematodos fitoparásitos en plátano. Al comparar los resultados obtenidos en el tratamiento control vs. el tratamiento químico, se puede asumir que el volcamiento de las plantas en el ensayo fue como consecuencia del efecto detrimental ejercido por los nematodos fitoparásitos en el sistema radical de las plantas. Este resultado fortalece la teoría de que las plantas en los tratamientos de rotación con *Mucuna*, gallinaza, *Mucuna*-gallinaza y el control químico, estaban mejor protegidas contra el ataque de los nematodos fitoparásitos que las plantas en el control absoluto. El volcamiento es un factor de suma importancia que debe considerarse tanto a nivel experimental como en términos prácticos, ya que el agricultor de plátano podría no recuperar los insumos invertidos en plantas volcadas sin racimo, ó plantas volcadas que portan racimos no mercadeables.

**Rendimiento del cultivo:**

Las prácticas de enmiendas orgánicas y/o de rotación de cultivos, incrementaron los componentes de rendimiento de las plantas, posiblemente debido a la combinación de efectos nematicida y de abono orgánico. La incorporación de gallinaza al suelo aumentó significativamente (ANAVA:  $P \leq 0.05$ ) el número de manos, frutos y peso de racimo (Cuadro 9), posiblemente debido al suministro adicional de nutrimentos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (Muñoz et. al., 1990). La falta de diferencias significativas entre este tratamiento y los tratamientos control absoluto y *Mucuna*-gallinaza, para la variable número de frutas, indica que los racimos en el tratamiento con gallinaza no sólo fueron más pesados a consecuencia de que portaban un mayor número promedio de frutos, sino que además éstos eran más pesados. Los resultados del presente estudio coinciden con los de Muñoz y Martínez (1991), quienes reportaron que plantas de plátano (cv. Maricongo) fertilizadas con gallinaza a razón de 7.3 kg / planta e incorporada al momento de la siembra, obtuvieron valores superiores en el número de frutos y peso de racimo en comparación con plantas en tratamientos bajo fertilizantes de uso convencional. Por otro lado, los tratamientos en los que se practicó la rotación de cultivos manifestaron tendencias de rendimientos superiores en comparación con los tratamientos control químico y control absoluto posiblemente debido al suministro adicional de nitrógeno, derivado del potencial biológico de fijación que posee la *Mucuna* spp. como planta leguminosa y a la incorporación de su biomasa como material orgánico al suelo (32.4 tons/ha). Se ha encontrado que la *Mucuna* spp. fija cantidades más altas de nitrato (8.7 mg/kg de suelo) en la superficie del terreno (30 cm de profundidad) en comparación con otras leguminosas (McIntyre et. al., 2001). Además la adición de

enmiendas orgánicas ha sido una práctica que generalmente se ha asociado con incrementos en la productividad de siembras de plátanos dado que mejora las propiedades físico-químicas del suelo (Robinson, 1996). Estos factores pudieron haber influido en las plantas de los tratamientos de rotación con *Mucuna* y el tratamiento combinado *Mucuna*-gallinaza para que se observaran estas tendencias de rendimiento. En resumen se obtuvieron rendimientos similares o mejores en los tratamientos donde se emplearon las prácticas de enmiendas orgánicas y/o de rotación de cultivos, en comparación con el control químico y control absoluto. Se desconoce por que el tratamiento combinado *Mucuna*-gallinaza obtuvo una respuesta de peso significativamente menor a la del tratamiento de incorporación de gallinaza al suelo. Se debe investigar si la combinación de estas dos prácticas tiene efectos similares o distintos a los observados bajo diferentes condiciones experimentales.

#### **Número de galerías y daño porcentual provocado por la larva de *Cosmopolites sordidus***

La combinación de efectos surtidos por la aplicación presiembra del nematicida-insecticida Oxamyl y las prácticas realizadas en los tratamientos de rotación con *Mucuna*, incorporación de gallinaza al suelo y el tratamiento *Mucuna*-gallinaza redujeron significativamente el número de galerías provocadas por la larva del picudo en comparación con el control absoluto. Aunque no se conoce que la rotación de cultivos y/o las enmiendas orgánicas tienen un efecto directo sobre el picudo del plátano, se puede sugerir que las plantas bajo tratamientos con tales prácticas estaban mejor preparadas para tolerar el ataque de esta plaga. Según Rukazambuga y colaboradores (2002), plantas que sean vigorosas y estando bajo un régimen de enmiendas orgánicas, podrían tolerar

más larvas de *C. sordidus* que plantas poco vigorosas en otros sistemas agrícolas. Por otro lado, aunque ciertas enmiendas orgánicas incluyendo la gallinaza aumentan el vigor de las plantas (Obiefuna, 1990; Obiefuna, 1991), la vitalidad de éstas no afecta el grado en que la larva del picudo ataca, ya que puede causar tanto o más daño en el hospedero (Rukazambuga et. al., 2002). Se ha reportado que plantas de guineo infestadas por la larva de *C. sordidus* y en tratamientos a base de enmiendas orgánicas, han experimentado mayor nivel de daño que otras con menos vigor bajo tratamientos en cultivos intercalados. Sin embargo, las plantas en tratamientos con enmiendas orgánicas han obtenido rendimientos más altos que aquellas bajo tratamientos con cultivos intercalados, demostrándose con esto la importancia de la integración de varias medidas para el control de *C. sordidus* (Karamura and Gold, 2000; Rukazambuga et. al., 2002).

Los resultados del presente estudio reflejan que el daño causado por la larva en las plantas del control químico (Nemacur® 15G a razón de 3.0 g i.a./planta a los 6 y 12 meses después de la siembra) fue similar al de los tratamientos donde se emplearon prácticas de rotación de cultivos y/o enmiendas orgánicas (Cuadro 10). Esto, al ser comparado con los resultados obtenidos por el control absoluto, y sumado a los rendimientos obtenidos por los tratamientos donde se aplicaron prácticas de rotación de cultivos y/o enmiendas orgánicas (Cuadro 9), apoya la teoría de que estas plantas fueron más tolerantes al daño provocado por el picudo del plátano.

### **Monitoreo y detección de niveles poblacionales de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en el cultivo de plátano**

El número elevado de capturas antes del establecimiento de la siembra se puede atribuir a la ausencia de plantas hospederas en el predio experimental, combinado con la presencia de la feromona que atrajo al remanente de una población existente en el lugar. La existencia de pocos lugares para la alimentación y oviposición antes del establecimiento de la siembra, pudieron generar condiciones marginales para las poblaciones del picudo del plátano, que manifestaron una respuesta de orientación numéricamente alta hacia la feromona. Por otro lado, el número reducido de capturas durante el resto de periodo de monitoreo se puede atribuir a varios factores que incluyen los niveles poblacionales del insecto, el método de muestreo, la biología de la plaga, los factores abióticos prevalecientes en el área experimental, la presencia del hospedero y las prácticas de manejo en el agroecosistema. Los resultados del presente ensayo sugieren que los niveles poblacionales del picudo del plátano en el área experimental fueron muy bajos. Estos niveles pudieron reducirse aun más mediante el uso de las trampas en el predio. Según Kydonieus y Beroza (1982), una baja población de insectos puede ser erradicada con un sistema de trapeo masivo, y aplicándose en las etapas iniciales del cultivo podría prevenir el crecimiento natural de la población. Por otra parte, el diseño de la trampa se puede considerar un factor que influyó en el número de capturas. Se pudo apreciar que la textura de las rampas que conducían a la fosa eran ligeramente ásperas y combinado con su inclinación, podrían dificultar la entrada de los adultos.

Se ha sugerido que la eficiencia del método de muestreo con feromonas podría variar de acuerdo a la biología de la plaga y su interacción con los factores abióticos (Tinzaara

et. al., 2002). Sin embargo no se ha correlacionado a nivel de campo el número de captura de adultos del picudo con la temperatura y la precipitación, factores abióticos que se han asociado estrechamente con su actividad biológica (Roth and Willis, 1963; Gold, et. al., 2001; Tinzaara et. al., 2005 a y b). La velocidad y dirección del viento han tenido igual resultado bajo las mismas condiciones experimentales, no así la humedad relativa, la cual ha mostrado correlación significativa y de forma positiva con el número de capturas de *C. sordidus* (Tinzaara et. al., 2005b). Por otro lado, la relación entre la biología de la plaga, su hospedero y las prácticas empleadas en el agroecosistema pudieron influir para obtener un número bajo de capturas. En el ensayo realizado se pudo observar consistentemente la presencia de adultos del picudo del plátano en la periferia de los cormos bajo el nivel del suelo. Según Tinzaara y otros (2005 a y b), los adultos de *C. sordidus* pueden agregarse en plantas adyacentes a las trampas de feromonas y no llegar a las mismas. Por otro lado, los desperdicios de cosecha en campo influyen el número de capturas de *C. sordidus* ya que estos sirven como lugares de refugios para la etapa adulta del insecto (Gold et. al., 2002). Un manejo fitosanitario adecuado podría reducir estos refugios e incrementar el número de capturas por medio de trampas en el predio.

#### Razón sexual:

La razón sexual del total de los picudos capturados en el predio y en las parcelas de los tratamientos 1 y 5 discrepa de la reportada en la literatura (Koppenhöfer and Reddy, 1994), y sugiere como razón primordial de sesgo a los bajos niveles poblacionales encontrados. Sin embargo otras posibles causas para lo observado coinciden con lo expuesto para el número de capturas de adultos de *C. sordidus* registrado luego del

establecimiento de la siembra de plátano. La técnica del muestreo, los factores bióticos, abióticos y de manejo, pudieron afectar la captura del insecto y en consecuencia no reflejar una razón sexual balanceada. La razón sexual observada implica que el número de inseminaciones disminuirá como consecuencia a un mayor número de machos que hembras. Sin embargo, estas condiciones generarían una presión de selección hacia los nacimientos de hembras balanceando la razón sexual (Thornhill and Alcock, 1983). La importancia del equilibrio en la razón sexual de las poblaciones de ciertas especies estriba en que cada sexo tendrá igual éxito reproductivo. Tanto padre como madre aportarán la mitad del genoma de cada prole y cada sexo tendrá en promedio igual valor. Esto asegura la perpetuidad genética de cada padre en la progenie (Thornhill and Alcock, 1983).

#### Distribución espacial:

Los análisis presentados para la distribución espacial describen la agregación como una condición espacial en la cual la densidad se encuentra más localmente condensada, que de forma aleatoria, sin implicación alguna de la causa (Taylor, 1984). Sin embargo la particularidad de que en ambas parcelas se observó una distribución espacial agregada, sugiere como causales de la distribución encontrada al componente natural de agregación de los picudos y a la presencia de la feromona comercial (Cosmolure +) en las parcelas de los tratamientos 1 y 5. Las feromonas descritas para el picudo del plátano generan respuestas de comportamiento que incluyen la orientación de los adultos hacia la fuente que emite la feromona (Budenberg et. al., 1993b). Además se ha constatado a nivel de laboratorio y campo, tendencias aditivas en la respuesta del insecto adulto hacia la combinación de la feromona comercial (Cosmolure +) y los volátiles emitidos por la

planta hospedera (Ndiege et. al., 1996b; Jayaraman et. al., 1997; Tinzaara et. al., 2003). Esto sugiere que las feromonas pudieron generar una distribución espacial agregada en las trampas colocadas en las parcelas 1 y 5.

## CONCLUSIONES

1. Los promedios obtenidos en el suelo y raíz reflejan una tendencia a la reducción de las poblaciones de fitonematodos en los tratamientos de rotación con *Mucuna*, incorporación de gallinaza al suelo y la combinación *Mucuna* – gallinaza, en el periodo próximo a la floración del plátano.
2. La incorporación de gallinaza al suelo incrementó significativamente el número de manos, frutas y peso de racimo posiblemente debido a la existencia de antagonismo a fitonematodos y a una disponibilidad adicional de nutrimentos en este tratamiento.
3. El número de galerías provocadas por la larva de *Cosmopolites sordidus* en el cormo de las plantas fue significativamente menor en los tratamientos de rotación de cultivos y/o de enmiendas orgánicas. Esto demuestra que las plantas bajo estos tratamientos estaban mejor preparadas para tolerar el ataque de esta plaga.
4. Los niveles poblacionales del picudo del plátano en el predio experimental se encontraron bajo el umbral económico ( $< 0.47$  adultos/trampa/semana).
5. El sesgo en la razón sexual encontrada se atribuye a los bajos niveles poblacionales del picudo del plátano encontrados en el predio experimental.
6. Se encontró un patrón de distribución espacial agregado de las poblaciones de *C. sordidus* en las trampas con feromonas colocadas en las parcelas 1 y 5. Se sugiere como causal al componente natural de agregación de los picudos y al efecto provocado por la feromona comercial (Cosmolure +).

## BIBLIOGRAFIA

- Abera, A., C.S. Gold, and S. Kyamanywa. 1999. Timing and distribution of attack by the banana weevil (Coleoptera:Curculionidae) in East African Highland banana (*Musa* spp.). Florida Entomol. 82(4):631-641.
- Acosta, N., R. Vargas, O. Román, N. Vicente y L.A. Sánchez. 1995. *Mucuna deeringiana* incorporada vs. no incorporada al suelo y el rendimiento en siembras subsiguientes de tomate, habichuela y maíz. J. Agric. Univ. PR. 79(1-2):65-74.
- Acosta, N., O. Román, N. Vicente y L.A. Sánchez, 1991. Sistemas de rotación de cosechas y los niveles poblacionales de nematodos. J. Agric. Univ. PR. 75(4):399-405.
- Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology. Fourth Edition. Academic Press. 635 p.
- Akhtar, M. 2000. Effect of organic and urea amendments in soil on nematode communities and plant growth. Soil Biol. Biochem. SC. 32:573-575.
- Arleu, R.J. and S.S. Neto. 1984. Broca da bananeira *Cosmopolites sordidus* (Germ., 1824) (Coleoptera:Curculionidae).Turrialba. 34(3):359-367.
- Barker, K.R. and S.R. Koenning. 1998. Developing sustainable systems for nematode management. Ann. Rev. Phytopathol. 36:165-205.
- Beauhaire, J., P.H. Ducrot, C. Malosse, D. Rochat, I.O. Ndiege and D.O. Otieno.1995. Identification and synthesis of sordidin, a male pheromone emitted by *Cosmopolites sordidus*. Tetrahedron lett. 36(7):1043-1046.
- Brown, R.H. 1987. Control strategies in low-value crops. In Brown, R.H. and B.R. Kerry; Principles and practice of nematode control in Crops. (London: Academic Press), pp 355-387.
- Buckles, D. 1995. Velvetbean: A “new” plant with a history. Econ Bot. 49(1). pp. 13-25.
- Budenberg, W.J., I.O. Ndiege, F.W. Karago, and B.S. Hansson. 1993a. Behavioral and electrophysiological responses of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* to host plant volatiles. J. Chem Ecol. 19(2):267-277.
- Budenberg, W.J., I.O. Ndiege, and F.W. Karago.1993b. Evidence for volatile male-produced pheromone in banana weevil. J. Chem. Ecol. 19(9):1905-1916.

- Cerda, H., A. López, O. Sanoja, P. Sánchez y K. Jaffé. 1994. Atracción olfativa de *Cosmopolites sordidus* Germar (1824) (Coleoptera:Curculionidae) estimulado por volátiles originados en musáceas de distintas edades y variedades genómicas. *Agron. Trop.* 46(4):413-429.
- Chavarría-Carvajal, J.A. 1988. Evaluación de dosis, intervalos y rotación de cuatro plaguicidas granulados registrados para el control de nematodos y el picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar), en plátanos. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R., 87 pp.
- Chavarría-Carvajal, J.A. and H. Irizarry. 1997. Rates, application intervals, and rotation of four granular pesticides to control nematodes and the corm-weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar) in plantain. *J. Agric. Univ. PR.* 81(1-2):43-52.
- Chavarría-Carvajal, J.A. 1997. Use of organic amendments and naturally occurring aromatic compounds for control of plant-parasitic nematodes: Effects on microbial activity and soil enzymes. Tesis Ph.D. Auburn University, Alabama, U.S.A., 189 pp.
- Chavarría-Carvajal, J.A. and R. Rodríguez-Kábana. 1998. Alginate films for assessment of parasitism of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. *Nematropica.* 28(1):41- 48.
- Chavarría-Carvajal, J.A., W. Figueroa, and W. Gandía. 1999. Suppression of plant-parasitic nematodes in pineapple with velvetbean. *Nematropica.* 29(2):118.
- Chavarría-Carvajal, J.A., L.F. Osorio, L. Silva-Negron, and E. Rosa. 2000. Use of poultry litter and sewage sludge compost for the management of plant-parasitic nematodes on plantain. *Nematropica.* 30(2):119.
- Chavarría-Carvajal, J.A., R. Rodríguez-Kábana, J.W. Kloepper, and G. Morgan-Jones. 2001. Changes in populations of microorganisms associated with organic amendments and benzaldehyde to control plant-parasitic nematodes. *Nematropica.* 31(2):165-180.
- ChemTica International, SanJosé, Costa Rica. *Fecha de ingreso a la página* Marzo, 2006. <http://www.chemtica.com/ChemtIngles/images/pdf/Cosmopolites%20Brochure%20English04.pdf>
- Collins, P.J, N.L. Treverrow, and T.M. Lambkin. 1991. Organophosphorus insecticide resistance and its management in the banana weevil borer, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera:Curculionidae), in Australia. *Crop Prot.* 10:215-221.
- Davis, R. F., S. R. Koenning, R. C. Kemerait, T. D. Cummings, and W. D. Shurley. 2003. *Rotylenchulus reniformis* management in cotton with crop rotation. *J.Nematol.* 35(1):58-64.

- Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2005). Ingreso bruto agrícola de plátano 2004/05. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Departamento de Agricultura, Gobierno de Puerto Rico.
- Duncan, L.W. 1991. Current options for nematode management. *Ann.Rev.Phytopathol.* 29:469-490.
- Enders, D., I. Breuer and A. Nühning. 2005. First asymmetric synthesis of (+)-sordidin and (-)-7-epi-sordidin, aggregation pheromones of the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *Europ. J. Org. Chem.* 13:2677-2683.
- Ferris, H. and J.W. Noling. 1987. Analysis and prediction as a basis for management decisions. In Brown, R.H. and B.R. Kerry. *Principles and practice of nematode control in crops.* (London: Academic Press), pp 49-85.
- Fletcher, M.T., C.J. Moore and W. Kitching. 1997. Absolute configuration of sordidin and 7-episordidin emitted by the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Tetrahedron Lett.* 38(19):3475-3476.
- Fogain, R. and S.R. Gowen. 1997. Damage to roots of *Musa* cultivars by *Radopholus similis* with and without protection of nematicides. *Nematropica.* 27(1):27-32.
- Fogain, R. 2000. Effect of *Radopholus similis* on plant growth and yield of plantains (*Musa*, AAB). *Nematology.* 2(2):129-133.
- Godonou, I., K.R. Green, K.A. Oduro, C.J. Lomer, and K. Afreh-Nuamah. 2000. Field evaluation of selected formulations of *Beauveria bassiana* for the management of the banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) on plantain (*Musa* spp., AAB Group). *Biocont. Sci and Tech.* 10:779-788.
- Gowen, S. and P. Quénehervé. 1990. Nematode Parasites of Bananas, Plantains and Abaca. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.* Wallingford, U.K., CAB International. pp. 431-460.
- Gold, C.S., G. Night, P.R. Speijer, A.M.K. Abrera, and N.D.T.M. Rukazambuga. 1998. Infestation levels of banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae), in banana plants established from treated propagules in Uganda. *African Entomol.* 6(2):253-263.
- Gold, C.S., P.S. Nemeje, and R. Coe. 1999. Recognition and duration of the larval instars of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) in Uganda. *African Entomol.* 7(1):49-62.

- Gold, C. S., J. E. Pena, and E. B. Karamura. 2001. Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *Int. Pest. Man. Rev.* 6( 2):79 – 155.
- Gold, C. S., S.H. Okech, and S. Nokoe. 2002. Evaluation of pseudostem trapping as a control measure against banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) in Uganda. *Bull.Entomol. Res.* 92:35-44.
- Haddad, O., J. Surga, y M. Wagner. 1980. Relación de la composición genómica de las musáceas con el grado de atracción de adultos y larvas de *Cosmopolites sordidus* G. (Coleoptera:Curculionidae). *Agron. Trop.* 29(5):429-438.
- Hall, T.J., G.D. Walduck and R.W. Walker. 1993. New herbage plant cultivars. *Trop. Grasslands.* 27(1):55-57
- InfoStat/Estudiantil. 2005. Software Estadístico Versión e.1. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC). Estadística y Diseño.
- Inglés, R. y J. Rodríguez. 1989. Evaluación de plaguicidas y métodos para combatir el picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar). *J. Agric. Univ. PR.* 73(2):97-107.
- Irizarry, H., J. Rodríguez and D. Oramas. 1979. Evaluation of four nematicides in preplant treatments of plantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB, cv. Maricongo) corms. *J. Agric. Univ. P.R.* 63: 269-271.
- Irizarry, H., J. Rodríguez-García, and N. Díaz. 1981. Effect of three population densities and fertilizer levels on yields of high yielding clones of plantains at two locations. *J. Agric. Univ. PR.* 65(4):395-400.
- Irizarry, H., E. Rivera, A. D. Krikorian and J.A. Rodríguez.1991. Proper bunch management of the french-type superplantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB) in Puerto Rico. 75(2):163-171.
- Irizarry, H. R. Zapata y J.A. Chavarría Carvajal. 1995. Conjunto tecnológico para la producción de plátanos y guineos. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. Colegio de Ciencias Agrícolas. Estación Experimental Agrícola, R. P., Puerto Rico.
- Ittyeipe, K. 1986. Studies in host preference of banana weevil borer, *Cosmopolites sordidus* Germ. (Coleoptera: Curculionidae). *Fruits.* 41(6):375-379.

- Jayaraman, S., I.O. Ndiege, A.C. Oehlschlager, L.M. González, D. Alpizar, M. Falles, W.J. Budenberg, and P. Ahuya. 1997. Synthesis, Analysis and field activity of sordidin, a male-produced aggregation pheromone of the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *J. Chem Ecol.* 23(4):1145-1161.
- Johnson, A.W. 1996. Degradation of nematicides in agricultural production soils. *Nematropica.* 26(3):208-209.
- Kaplan, M., J.P. Noe, and P.G. Hartel. 1992. The role of microbes associated with chicken litter in the suppression of *Meloidgyne arenaria*. *J. Nematol.* 24(4):522-527.
- Kaplan, M. and J.P. Noe. 1993. Effects of chicken-excrement amendments on *Meloidgyne arenaria*. *J. Nematol.* 25(1):71-77.
- Karamura, E.B. and C.S. Gold. 2000. The elusive banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar. *Acta Hort.* (540):471-485.
- Kloepper, J.W., R. Rodríguez-Kábana, J.A. McInroy, and D.J. Collins. 1991. Analysis of populations and physiological characterization of microorganisms in rhizospheres of plants with antagonistic properties to phytopathogenic nematodes. *Plant and Soil.* 136:95-102.
- Kloepper, J.W., R. Rodríguez-Kábana, and N. Kokalis-Burelle. 1996. A review of antagonistic plants as modifiers of rhizosphere bacteria. *Nematropica.* 26(3):221.
- Kokalis-Burelle, N., W. F. Mahaffee, R. Rodríguez-Kábana, J. W. Kloepper, and K. L. Bowen. 2002. Effects of switchgrass (*Panicum virgatum*) rotations with peanut (*Arachis hypogaea* L.) on nematode populations and soil microflora. *J.Nematol.* 34(2): 98-105.
- Koppenhöfer, A.M. 1993a. Search and evaluation of natural enemies of the banana weevil. *In* Gold C.S. & Gemmill B.(Eds). *Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pest and Diseases. Proceedings of a Research Coordination Meeting.* pp 87-96 IITA, Ibadan.
- Koppenhöfer, A.M. 1993b. Observations on egg-laying behaviour of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar). *Entomol. Exp. Appl.* 68:87-192.
- Koppenhöfer, A.M., K.V. Seshu Reddy, and R.A. Sikora. 1994. Reduction of banana weevil populations with pseudostem traps. *Int. J. Pest Manag.* 40(4):300-304.
- Koppenhöfer, A.M. and K.V. Seshu Reddy. 1994. A comparison of rearing methods for the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar)(Coleoptera:Curculionidae) on its natural host. *Insect Sci. Applic.* 15(2):191-195.

- Kölsch, G. 2001. Anoxia tolerance and anaerobic metabolism in two tropical weevil species (Coleoptera:Curculionidae). *J. Comp Physiol Biochem-Syst Environ. Physiol.* 171:595-602.
- Kydonieus, A.F. and M. Beroza. 1982. Pheromone and their use. *In* Kydonieus, A.F. and M. Beroza (Eds). *Insect suppression with controlled release pheromone systems.* CRC. Press Inc. pp. 3-12.
- McIntyre, B.D., C.S. Gold, I.N. Kashaija, H. Ssali, G. Night and D.P. Bwamiki. 2001. Effects of legume intercrops on soil-borne pests, biomass, nutrients and soil water in banana. *Biol. Fert. of Soil.* 34:342-348.
- Mc Sorley, R. 1998. Alternative practices for managing plant-parasitic nematodes. *Amer. J. of Alter. Agric.* 13(3):98-104.
- Mian, I.H. and R. Rodríguez-Kábana. 1982. Soil amendments with oil cakes and chicken litter for control of *Meloidogyne arenaria*. *Nematropica.* 12(2):205-219.
- Mori, K., T. Nakayama and H. Takikawa. 1996. Synthesis and absolute configuration of sordidin, the male-produced aggregation pheromone of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Tetrahedron lett.* 37(7):3741-3744.
- Muñoz, M.A., O. Colberg, and J.A. Dumas. 1990. Chicken manure as an organic fertilizer. *J. Agric. Univ. P.R.* 74(2):139-144.
- Muñoz, M.A. and G. Martínez. 1991. Chicken manure: An organic fertilizer for plantains (*Musa acuminata* x *M. balbisiana* AAB). *Proc. Carib. Food Crops Soc.* 27:225-233.
- Nankinga, C.M. and D. Moore. 2000. Reduction of banana weevil populations using different formulations of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Biocont. Sci. and Tech.* 10:645-657.
- Ndiege, I.O., W.J. Budenberg, W.Lwande and A. Hassanali. 1991. Volatile components of banana pseudostem of a cultivar susceptible to the banana weevil. *Phytochem.* 30(12):3929-3930.
- Ndiege, I.O., W.J. Budenberg, D.O. Otieno and A. Hassanali. 1996a. 1,8-cineole: An attractant for the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Phytochem.* 42(2):369-371
- Ndiege, I.O., S. Jayaraman, A.C. Oehlschlager. 1996b. Convenient synthesis and field activity of a male-produced aggregation pheromone of *Cosmopolites sordidus*. *Naturwissenschaften.* 83:280-282.
- Ndubizu, T.O.C. and E.I. Okafor. 1976. Growth and yield patterns of nigerian plantains. *Fruits.* 31(11):672-677.

- Nordlund, D.A. 1981. Semiochemicals: A review of the terminology. *In* Nordlund D.A, R.L. Jones, and W.J. Lewis (Eds). Semiochemicals: Their role in pest control. (Wiley-Interscience publication) pp. 13-27.
- Obiefuna, J.C. 1990. Effect of manures and composts on nematodes, borer weevils and yield of plantain. *Biol. Agric. and Hort.* 6: 277-283.
- Obiefuna, J.C. 1991. The effect of crop residue mulches on the yield and production pattern of plantain (*Musa* AAB). *Biol. Agric. and Hort.* 8:71-80.
- Oduor-Owino, P. 2003. Integrated management of root-knot nematodes using agrochemicals, organic matter and the antagonistic fungus, *Paecilomyces lilacinus* in natural field soil. *Nematol. Mediterranea.* 31:121-123.
- O'Farril, H. 1982. Patogenicidad e histopatología de *Rotylenchulus reniformis* en plátano, gandul y soya. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R., 86 pp.
- Oramas, D. y J. Román. 1978. Nematodos parasíticos asociados con el cultivo de plátano (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*) en Puerto Rico. *Nematropica* 8(2):19.
- Oramas, D. and J. Román. 1982. Plant parasitic nematodes associated with plantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB) in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. PR.* 66:52-59.
- Oramas, D. 1986. Patogenicidad e interacción de *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, *Rotylenchulus reniformis* y *Meloidogyne incognita* en el Plátano (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, ABB). Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R., 119 pp.
- Ostmark, H.E. 1974. Economic pest of bananas. *Annu. Rev. Ent.* 19:161-177
- Pinochet, J. 1978. Histopathology of the root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae* on plantains, *Musa* AAB. *Nematologica.* 24:337-340.
- Peña, J. E., R. Duncan and R. Martin. 1993. Biological control of *Cosmopolites sordidus*. *In* Gold C.S. & Gemmill B.(Eds). Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pest and Diseases. Proceedings of a Research Coordination Meeting. pp 124-139 IITA, Ibadan.
- Price, N.S. 1994. Alternate cropping in the management of *Radopholus similis* and *Cosmopolites sordidus*, two important pest of banana and plantain. *International J. Pest Manag.* 40(3):237-244.

- Quiroga-Madrigal, R., R. Rodríguez-Kábana, D.G. Robertson, C.F. Weaver, and P.S. King. 1999. Nematode populations and enzymatic activity in rhizospheres of tropical legumes in Auburn, Alabama. *Nematropica*. 29(2):129.
- Rivas, X. y J. Román. 1985. Oogenesis y reproducción de una población de *Radopholus similis* de Puerto Rico. *Nematropica*. 15(1):19-25.
- Robinson, J.C. 1996. Bananas and plantains. CAB. International. pp. 283.
- Rodríguez, J.A. and H. Irizarry. 1979. Effect of planting material on yield and quality of two plantain cultivars (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB). *J. Agric. Univ. PR*. 63(3):351-365.
- Rodríguez-Kábana, R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *J. Nematol*. 18(2):129-135.
- Rodríguez-Kábana, R., G. Morgan-Jones, and I. Chet. 1987. Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil*. 100: 237-247.
- Rodríguez-Kábana R. 1991. Control Biológico de nematodos parásitos de plantas. *Nematropica*. 21(1):111-122.
- Rodríguez-Kábana, R., J. Pinochet, D.G. Robertson, and L. Wells. 1992. Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. Supplement. *J. Nematol*. 24(4S):662-668.
- Rodríguez-Kábana, R. and N. Kokalis-Burelle. 1996. Cropping systems- management of soil suppressiveness for nematode control. *Nematropica*. 26(3):220-221.
- Rodríguez-Kábana, R., D.G. Robertson, and C.R. Taylor. 1999. The efficacy of velvetbean and cotton as rotation crops for the management of *Meloidogyne arenaria* and *Sclerotium rolfsii* in peanut. *Nematropica*. 29(2):136.
- Román, J., X. Rivas y J. Rodríguez. 1974. Control de nematodos del plátano por rotación con yerba Pangola. *Nematropica*. 4(1): 4-5.
- Román, J., X. Rivas, J. Rodríguez, and D. Oramas. 1976. Chemical control of nematodes in plantains (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB). *J. Agric. Univ. PR*. 50:36-44.
- Román, J., X. Rivas, D. Oramas, and J. Rodríguez. 1977. Further experiments on the chemical control of nematodes in plantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB). *J. Agric. Univ. PR*. 61:191-199.
- Román, J. 1978. Fitonematología Tropical. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Estación Experimental Agrícola de Río Piedras. 256 pp.

- Román, J., D. Oramas y J. Green. 1979. Efecto de la dosis y frecuencia de aplicación de nematicidas en la producción de plátanos. *Nematropica*. 9(2):107-108.
- Román, J., D. Oramas y J. Green. 1982. Nematicida-insecticida aumenta la producción de plátanos al controlar gorgojos y nematodos. *Adelantos científicos*. E.E.A., Río Piedras, P.R. 101: 2 pp.
- Román, J., D. Oramas, J. Green and A. Torres. 1983. Control of nematodes and black weevils in plantains. *J. Agric. Univ. PR*. 67:270-277.
- Roth, L.M. and E.R. Willis. 1963. The humidity behavior of *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera:Curculionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 56:41-52.
- Rubiano-Rodríguez, J.A. y R. Vargas-Ayala. 1999. Sistemas de cultivo plátano-mucuna y su influencia sobre la dinámica poblacional de nematodos fitoparasíticos. *Nematropica*. 29(2):133.
- Rubiano-Rodríguez, J.A. 2000. Prácticas ecológicas para el manejo de poblaciones de *Cosmopolites sordidus* (Germar) y nematodos en el plátano (*M. acuminata* x *M. balbisiana*, AAB). Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R., 67 pp.
- Rukazambuga, N.D.T.M., C.S. Gold, S.R. Gowen, and P. Ragama. 2002. The influence of crop management on banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera:Curculionidae) populations and yield of highland cooking banana (cv. Atwalira) in Uganda. *Bull. Entomol. Res.* 92:413-421.
- Saavedra, E.D. y R. Vargas-Ayala. 1999. Prácticas de manejo sustentables sobre nematodos del platanero en Puerto Rico. *Nematropica*. 29(2):133-134.
- Samuels, G., E. Orengo-Santiago, and A. Beale. 1978. Influence of fertilizers on the production of plantains with irrigation. *J. Agric. Univ. PR*. 62(1):1-9.
- Schmitt, A.T., S.R. Gowen, and N.G.M. Hague. 1992. Baiting techniques for the control of *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera:Curculionidae) by *Steinernema carpocapsae* (Nematoda:Steinernematidae). *Nematropica*. 22(2):159-163.
- Shanahan, G.J. and G.J. Goodyer. 1974. Dieldrin resistance in *Cosmopolites sordidus* in New South Wales, Australia. *J. Econ. Ent.* 67(3):446-447.
- Simmonds, N.W. 1966. *Bananas*, 2nd edition. Longman, London. 512 p.
- Sirjusingh, C., A. Kermarrec, H. Mauleon, C. Lavis, and J. Etienne. 1992. Biological control of weevils and whitegrubs on bananas and sugarcane in the Caribbean. *Florida Entomol.* 75(4):548-562.

- Stirling, G.R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes. Wallingford, U.K., CAB International. pp.282
- Stover, R.H. 1972. Banana, Plantain and Abaca Disease. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England. 316 p.
- Stover, R.H. and N.W. Simmonds. 1987. Bananas. Longman Scientific & Technical. 468 p.
- Taylor, L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*. 189(4766):732-735.
- Taylor, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect population. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 321-327.
- Taylor, A.L. y J.N. Sasser. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz (Especies de *Meloidogyne*). I.M.P. Universidad del Estado de Carolina del Norte y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. 111 p.
- Thomason, I.J. and E.P. Caswell. 1987. Principles of nematode control. *In* Brown R.H. and B.R. Kerry. Principles and practice of nematode control in Crops. (London: Academic Press), pp 87-130.
- Thornhill, R. and J. Alcock. 1983. The evolution of insect mating systems. Harvard University Press. pp 547.
- Tinzaara, W., M. Dicke, A. Van Huis, and C.S. Gold. 2002. Use of infochemicals in pest management with special reference to the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar)(Coleoptera:Curculionidae). *Insect Sci. Applic.* 22(4):241-261.
- Tinzaara, W., M. Dicke, A. Van Huis, J.J.A. Van Loon, and C.S. Gold. 2003. Different bioassays for investigating orientation responses of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, show additive effects of host plant volatiles and a synthetic male-produced aggregation pheromone. *Ent. Exp. et Appl.* 106:169-175.
- Tinzaara, W., C.S. Gold, G.H. Kagezi, M. Dicke, A. Van Huis, C.M. Nankinga, W. Tushemereirwe, and P.E. Ragama. 2005a. Effects of two pheromone trap densities against banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, populations and their impact on plant damage in Uganda. *J. Appl. Ent.* 129(5):265-271.
- Tinzaara, W., C.S. Gold, M. Dicke, A. Van Huis and P.E. Ragama. 2005b. Factors influencing pheromone trap effectiveness in attracting the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Int. J. Pest. Mang.* 51(4):281-288.

- Vargas-Ayala, R. and R. Rodriguez-Kábana. 2001. Bioremediative management of soybean nematode population densities in crop rotations with velvetbean, cowpea and winter crops. *Nematropica*. 31(1):37-46.
- Vicente, N.E. and N. Acosta. 1987. Effects of *Mucuna deeringiana* on *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*. 17(1):99-102.
- Vilardebo, A. 1973. Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* Germ. le charançon noir du bananier. *Fruits*. 28(6):417-426.
- Widmer, T.L., N.A. Mitkowski, and G.S. Abawi. 2002. Soil organic matter and management of plant-parasitic nematodes. *J. Nematol.* 34(4):289-295.
- Wolcott, G.N. 1922. Vaquitas de Importancia económica en Puerto Rico. *Circ. 60, Insular Exp. Sta.*, pp. 1-20.
- Wolcott, G.N. 1948. The insects of Puerto Rico. *J. Agric.Univ. PR.* 32(2):412-414.

## APÉNDICE 1: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES EXPERIMENTALES

### Hipótesis a plantearse mediante contrastes:

- 1)  $\mu_2 - \mu_5 = \mu_3 - \mu_1$ : El efecto de la gallinaza cuando no hay *Mucuna* es igual al efecto de la gallinaza cuando hay *Mucuna*. (Contraste de interacción)  
Coeficientes de contraste # 1: -1 1 -1 0 1
- 2)  $\mu_2 = \mu_5$ : Efecto simple del factor B (cuando el factor A esta en un nivel).  
Efecto de la gallinaza cuando no hay *Mucuna*.  
Coeficientes de contraste # 2: 0 1 0 0 -1
- 3)  $\mu_3 = \mu_1$ : Efecto de la Gallinaza cuando hay *Mucuna*.  
Coeficientes de contraste # 3: 1 0 -1 0 0
- 4)  $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_5 = \mu_4$ : El promedio de los tratamientos 1,2,3 y 5 vs. 4  
Coeficientes de contraste # 4: 1 1 1 -4 1

### Cuadro A -1: Análisis de varianza para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo al final del primer ciclo de rotación

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fitos	20	0.35	0.00	56.69

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10842.10	7	1548.87	0.94	0.5134
Tratam	3372.70	4	843.18	0.51	0.7295
Bloque	7469.40	3	2489.80	1.51	0.2629
Error	19828.10	12	1652.34		
Total	30670.20	19			

#### Contrastes

Tratam	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	2704.00	1	2704.00	1.64	0.2250
Contraste2	8.00	1	8.00	4.8E-03	0.9457
Contraste3	180.50	1	180.50	0.11	0.7467
Contraste4	480.20	1	480.20	0.29	0.5997
Total	3372.70	4	843.18	0.51	0.7295

**Cuadro A -2: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo al final del primer ciclo de rotación**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Roty <sup>1</sup>	4	58.25	49.47	2446.92	6.00	118.00
1	Aphelenchus <sup>2</sup>	4	20.75	14.03	196.92	3.00	32.00
1	Helico <sup>3</sup>	4	0.75	1.50	2.25	0.00	3.00
1	Aphelench <sup>4</sup>	4	7.25	7.18	51.58	0.00	16.00
2	Roty	4	25.50	19.74	389.67	3.00	51.00
2	Aphelenchus	4	29.50	19.33	373.67	10.00	54.00
2	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Aphelench	4	2.25	2.87	8.25	0.00	6.00
3	Roty	4	56.00	48.25	2328.00	10.00	112.00
3	Aphelenchus	4	12.00	6.16	38.00	3.00	16.00
3	Helico	4	5.75	6.75	45.58	0.00	13.00
3	Aphelench	4	3.75	1.50	2.25	3.00	6.00
4	Roty	4	41.00	37.32	1392.67	13.00	96.00
4	Aphelenchus	4	39.00	8.37	70.00	32.00	51.00
4	Helico	4	0.75	1.50	2.25	0.00	3.00
4	Aphelench	4	0.75	1.50	2.25	0.00	3.00
5	Roty	4	27.25	15.13	228.92	16.00	48.00
5	Aphelenchus	4	24.00	9.56	91.33	16.00	35.00
5	Helico	4	3.25	4.72	22.25	0.00	10.00
5	Aphelench	4	0.75	1.50	2.25	0.00	3.00

<sup>1</sup>*Rotylenchulus* spp., <sup>2</sup>*Aphelenchus* spp., <sup>3</sup>*Helicotylenchus* spp. y <sup>4</sup>*Aphelenchoides* spp.

**Cuadro A -3: Análisis de varianza para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 4 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fitos	20	0.51	0.23	110.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	659806.65	7	94258.09	1.82	0.1726
Bloque	174111.35	3	58037.12	1.12	0.3791
Trat	485695.30	4	121423.83	2.35	0.1134
Error	621071.90	12	51755.99		
Total	1280878.55	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	78820.56	1	78820.56	1.52	0.2408
Contraste2	46665.13	1	46665.13	0.90	0.3611
Contraste3	358704.50	1	358704.50	6.93	0.0219
Contraste4	1505.11	1	1505.11	0.03	0.8674
Total	485695.30	4	121423.83	2.35	0.1134

**Cuadro A -4: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 4 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Roty <sup>1</sup>	4	43.20	31.95	1020.59	9.60	86.40
1	Rad <sup>2</sup>	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Praty <sup>3</sup>	4	4.00	8.00	64.00	0.00	16.00
1	Helico <sup>4</sup>	4	13.60	25.11	630.61	0.00	51.20
2	Roty	4	207.20	152.16	23151.79	32.00	342.40
2	Rad	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Praty	4	1.60	3.20	10.24	0.00	6.40
2	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Roty	4	477.60	420.17	176540.16	214.40	1097.60
3	Rad	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Praty	4	5.60	6.60	43.52	0.00	12.80
3	Helico	4	0.80	1.60	2.56	0.00	3.20
4	Roty	4	221.60	241.39	58268.16	25.60	569.60
4	Rad	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Praty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Helico	4	2.40	1.60	2.56	0.00	3.20
5	Roty	4	36.00	19.27	371.20	19.20	60.80
5	Rad	4	16.80	33.60	1128.96	0.00	67.20
5	Praty	4	1.60	1.85	3.41	0.00	3.20
5	Helico	4	1.60	1.85	3.41	0.00	3.20

<sup>1</sup>*Rotylenchulus* spp., <sup>2</sup>*Radopholus* spp., y <sup>3</sup>*Pratylenchus* spp. y <sup>4</sup>*Helicotylenchus* spp

**Cuadro A -5: Análisis de varianza para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 8 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fitoparasitos	20	0.28	0.00	83.63

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1468442.70	7	209777.53	0.68	0.6868
Bloque	517563.40	3	172521.13	0.56	0.6518
Trat	950879.30	4	237719.83	0.77	0.5645
Error	3699769.10	12	308314.09		
Total	5168211.80	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	268583.06	1	268583.06	0.87	0.3690
Contraste2	289180.13	1	289180.13	0.94	0.3519
Contraste3	374112.50	1	374112.50	1.21	0.2923
Contraste4	19003.61	1	19003.61	0.06	0.8081
Total	950879.30	4	237719.83	0.77	0.5645

**Cuadro A -6: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 8 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Roty <sup>1</sup>	4	264.80	201.94	40778.24	12.80	467.20
1	Rad <sup>2</sup>	4	7.20	14.40	207.36	0.00	28.80
1	Meloi <sup>3</sup>	4	9.60	17.13	293.55	0.00	35.20
1	Praty <sup>4</sup>	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Helico <sup>5</sup>	4	52.00	71.67	5136.21	0.00	153.60
2	Roty	4	609.60	631.07	398250.67	60.80	1200.00
2	Rad	4	0.80	1.60	2.56	0.00	3.20
2	Meloi	4	5.60	11.20	125.44	0.00	22.40
2	Praty	4	0.80	1.60	2.56	0.00	3.20
2	Helico	4	2.40	3.06	9.39	0.00	6.40
3	Roty	4	745.60	545.89	297990.83	188.80	1360.00
3	Rad	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Meloi	4	2.40	4.80	23.04	0.00	9.60
3	Praty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Helico	4	17.60	27.34	747.52	0.00	57.60
4	Roty	4	589.60	543.01	294859.95	169.60	1350.40
4	Rad	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Meloi	4	11.20	13.95	194.56	0.00	28.80
4	Praty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Helico	4	1.60	3.20	10.24	0.00	6.40
5	Roty	4	980.00	571.71	326856.53	342.40	1641.60
5	Rad	4	6.40	5.84	34.13	0.00	12.80
5	Meloi	4	6.40	10.77	116.05	0.00	22.40
5	Praty	4	0.80	1.60	2.56	0.00	3.20
5	Helico	4	5.60	11.20	125.44	0.00	22.40

<sup>1</sup>*Rotylenchulus* spp., <sup>2</sup>*Radopholus* spp., <sup>3</sup>*Meloidogyne* spp., <sup>4</sup>*Pratylenchus* spp. y

<sup>5</sup>*Helicotylenchus* spp.

**Cuadro A -7: Análisis de varianza para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 12 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fitoparasitos	20	0.26	0.00	97.32

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10807577.60	7	1543939.66	0.62	0.7340
Bloque	8734182.40	3	2911394.13	1.16	0.3649
Trat	2073395.20	4	518348.80	0.21	0.9298
Error	30094361.60	12	2507863.47		
Total	40901939.20	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	925444.00	1	925444.00	0.37	0.5549
Contraste2	946688.00	1	946688.00	0.38	0.5504
Contraste3	29768.00	1	29768.00	0.01	0.9150
Contraste4	171495.20	1	171495.20	0.07	0.7981
Total	2073395.20	4	518348.80	0.21	0.9298

**Cuadro A -8: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 12 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rad <sup>1</sup>	4	72.00	89.32	7978.67	0.00	184.00
1	Meloi <sup>2</sup>	4	28.00	56.00	3136.00	0.00	112.00
1	Roty <sup>3</sup>	4	1342.00	980.87	962106.67	184.00	2536.00
1	Helico <sup>4</sup>	4	52.00	72.88	5312.00	0.00	160.00
2	Rad	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
2	Meloi	4	14.00	28.00	784.00	0.00	56.00
2	Roty	4	1552.00	1411.40	1992064.00	216.00	3240.00
2	Helico	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
3	Rad	4	4.00	4.62	21.33	0.00	8.00
3	Meloi	4	42.00	84.00	7056.00	0.00	168.00
3	Roty	4	1316.00	115.84	13418.67	1208.00	1480.00
3	Helico	4	10.00	15.14	229.33	0.00	32.00
4	Rad	4	36.00	61.45	3776.00	0.00	128.00
4	Meloi	4	18.00	36.00	1296.00	0.00	72.00
4	Roty	4	1382.00	821.07	674149.33	384.00	2344.00
4	Helico	4	6.00	7.66	58.67	0.00	16.00
5	Rad	4	6.00	12.00	144.00	0.00	24.00
5	Meloi	4	6.00	12.00	144.00	0.00	24.00
5	Roty	4	2230.00	3038.98	9235386.67	136.00	6744.00
5	Helico	4	16.00	32.00	1024.00	0.00	64.00

<sup>1</sup>Radopholus spp., <sup>2</sup>Meloidogyne spp., <sup>3</sup>Rotylenchulus spp. y <sup>4</sup>Helicotylenchus spp.

**Cuadro A -9: Análisis de varianza para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo al final del primer ciclo de rotación**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.36	0.00	78.78

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4705.90	7	672.27	0.98	0.4862
Tratam	3676.70	4	919.18	1.34	0.3100
Bloque	1029.20	3	343.07	0.50	0.6883
Error	8209.30	12	684.11		
Total	12915.20	19			

**Contrastes**

Tratam	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	2943.06	1	2943.06	4.30	0.0602
Contraste2	406.13	1	406.13	0.59	0.4559
Contraste3	200.00	1	200.00	0.29	0.5986
Contraste4	127.51	1	127.51	0.19	0.6736
Total	3676.70	4	919.18	1.34	0.3100

**Cuadro A -10: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo al final del primer ciclo de rotación**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rhab <sup>1</sup>	4	28.75	9.29	86.25	16.00	38.00
1	Dory <sup>2</sup>	4	11.75	11.90	141.58	0.00	22.00
2	Rhab	4	20.00	14.65	214.67	3.00	35.00
2	Dory	4	5.50	5.57	31.00	0.00	13.00
3	Rhab	4	32.00	30.03	902.00	16.00	77.00
3	Dory	4	18.50	18.06	326.33	0.00	42.00
4	Rhab	4	33.50	34.14	1165.67	0.00	80.00
4	Dory	4	4.75	5.68	32.25	0.00	13.00
5	Rhab	4	8.75	6.75	45.58	3.00	16.00
5	Dory	4	2.50	5.00	25.00	0.00	10.00

<sup>1</sup>Rhabditoides, y <sup>2</sup>Dorylaimoides

**Cuadro A -11: Análisis de varianza para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 4 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.48	0.18	89.10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11539.85	7	1648.55	1.59	0.2299
Bloque	2501.35	3	833.78	0.80	0.5160
Trat	9038.50	4	2259.63	2.18	0.1336
Error	12463.90	12	1038.66		
Total	24003.75	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	2575.56	1	2575.56	2.48	0.1413
Contraste2	3828.13	1	3828.13	3.69	0.0790
Contraste3	684.50	1	684.50	0.66	0.4327
Contraste4	1950.31	1	1950.31	1.88	0.1957
Total	9038.50	4	2259.63	2.18	0.1336

**Cuadro A -12: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 4 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Dory <sup>1</sup>	4	2.40	3.06	9.39	0.00	6.40
1	Mononch <sup>2</sup>	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Rhabd <sup>3</sup>	4	16.80	10.57	111.79	9.60	32.00
2	Dory	4	12.80	8.26	68.27	3.20	22.40
2	Mononch	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Rhabd	4	63.20	55.20	3047.25	0.00	134.40
3	Dory	4	8.00	8.47	71.68	0.00	19.20
3	Mononch	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Rhabd	4	29.60	15.54	241.49	9.60	44.80
4	Dory	4	7.20	8.42	70.83	0.00	19.20
4	Mononch	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Rhabd	4	9.60	9.42	88.75	0.00	19.20
5	Dory	4	8.80	6.06	36.69	0.00	12.80
5	Mononch	4	1.60	3.20	10.24	0.00	6.40
5	Rhabd	4	21.60	13.67	186.88	3.20	32.00

<sup>1</sup>Dorylaimoides, <sup>2</sup>Mononchidos y <sup>3</sup>Rhabditoides

**Cuadro A -13: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 8 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.60	0.36	42.97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6997.45	7	999.64	2.47	0.0806
Bloque	1778.15	3	592.72	1.47	0.2731
Trat	5219.30	4	1304.83	3.23	0.0514
Error	4851.10	12	404.26		
Total	11848.55	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	3422.25	1	3422.25	8.47	0.0131
Contraste2	1596.13	1	1596.13	3.95	0.0702
Contraste3	55.13	1	55.13	0.14	0.7184
Contraste4	145.80	1	145.80	0.36	0.5593
Total	5219.30	4	1304.83	3.23	0.0514

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=30.98**  
*Error: 404.2583 gl: 12*

Trat	Medias	n		
1	30.25	4	A	
3	35.50	4	A	
4	40.75	4	A	
5	48.00	4	A	B
2	76.25	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -14: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 8 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Dory <sup>1</sup>	4	16.80	10.57	111.79	6.40	28.80
1	Rhabd <sup>2</sup>	4	13.60	10.57	111.79	3.20	25.60
2	Dory	4	29.60	19.44	378.03	6.40	51.20
2	Rhabd	4	47.20	27.70	767.15	22.40	86.40
3	Dory	4	16.80	7.56	57.17	6.40	22.40
3	Rhabd	4	19.20	15.01	225.28	6.40	35.20
4	Dory	4	16.00	12.53	157.01	0.00	28.80
4	Rhabd	4	24.80	34.90	1217.71	3.20	76.80
5	Dory	4	18.40	11.20	125.44	6.40	32.00
5	Rhabd	4	29.60	12.36	152.75	12.80	41.60

<sup>1</sup>Dorylaimoides y <sup>2</sup>Rhabditoides

**Cuadro A -15: Análisis de varianza para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 12 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.33	0.00	100.38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12412.80	7	1773.26	0.83	0.5811
Bloque	5820.80	3	1940.27	0.91	0.4651
Trat	6592.00	4	1648.00	0.77	0.5634
Error	25587.20	12	2132.27		
Total	38000.00	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	676.00	1	676.00	0.32	0.5838
Contraste2	1568.00	1	1568.00	0.74	0.4079
Contraste3	968.00	1	968.00	0.45	0.5132
Contraste4	3380.00	1	3380.00	1.59	0.2320
Total	6592.00	4	1648.00	0.77	0.5634

**Cuadro A -16: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 cm<sup>3</sup> de suelo a los 12 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rhabd <sup>1</sup>	4	42.00	57.83	3344.00	8.00	128.00
1	Dory <sup>2</sup>	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
2	Rhabd	4	30.00	22.98	528.00	16.00	64.00
2	Dory	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
3	Rhabd	4	20.00	8.00	64.00	8.00	24.00
3	Dory	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
4	Rhabd	4	68.00	40.53	1642.67	40.00	128.00
4	Dory	4	4.00	4.62	21.33	0.00	8.00
5	Rhabd	4	60.00	68.66	4714.67	8.00	160.00
5	Dory	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup>Rhabditoides y <sup>2</sup>Dorylaimoides

**Cuadro A -17: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de nematodos fitoparásitos en 100 gramos de raíz a los 4 meses después de la siembra<sup>1</sup>**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ_Fitos	20	0.70	0.53	95.28

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	658.51	7	94.07	4.05	0.0166
Bloque	20.19	3	6.73	0.29	0.8320
Trat	638.32	4	159.58	6.87	0.0041
Error	278.75	12	23.23		
Total	937.26	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	251.28	1	251.28	10.82	0.0065
Contraste2	327.40	1	327.40	14.09	0.0027
Contraste3	24.68	1	24.68	1.06	0.3230
Contraste4	34.96	1	34.96	1.50	0.2434
Total	638.32	4	159.58	6.87	0.0041

**Coefficientes de los contrastes**

Trat	Cont. 1	Cont. 2	Cont. 3	Cont. 4
1.00	-1.00	0.00	1.00	1.00
2.00	1.00	1.00	0.00	1.00
3.00	-1.00	0.00	-1.00	1.00
4.00	0.00	0.00	0.00	-4.00
5.00	1.00	-1.00	0.00	1.00

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=55.05\***

Error: 23.2290 gl: 12

Trat	Medias	n	
3.00	0.00	4	A
4.00	5.81	4	A
2.00	10.82	4	A
1.00	12.32	4	A
5.00	258.57	4	B

<sup>1</sup>Se practicó una transformación de los datos a raíz cuadrada para estabilizar normalidad y varianzas. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

\*Diferencia mínima significativa y medias correspondientes destranformadas

**Cuadro A -18: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 gramos de raíz a los 4 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1.00	Rad <sup>1</sup>	4	14.00	13.66	186.67	0.00	32.00
1.00	Aphelenchus <sup>2</sup>	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
1.00	Helico <sup>3</sup>	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
1.00	Roty <sup>4</sup>	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	Rad	4	14.00	28.00	784.00	0.00	56.00
2.00	Aphelenchus	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
2.00	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	Roty	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
3.00	Rad	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	Aphelenchus	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	Roty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	Rad	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
4.00	Aphelenchus	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	Roty	4	6.00	7.66	58.67	0.00	16.00
5.00	Rad	4	304.25	209.94	44074.92	8.00	472.00
5.00	Aphelenchus	4	14.00	22.98	528.00	0.00	48.00
5.00	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	Roty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup>Radopholus spp., <sup>2</sup>Aphelenchus spp., <sup>3</sup>Helicotylenchus spp. y <sup>4</sup>Rotylenchulus spp.

**Cuadro A -19: Análisis de varianza para el número de nematodos fitoparásitos en 100 gramos de raíz a los 8 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fitoparasitos	20	0.41	0.07	110.39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2573747.20	7	367678.17	1.21	0.3692
Bloque	460403.20	3	153467.73	0.50	0.6869
Trat	2113344.00	4	528336.00	1.73	0.2071
Error	3655948.80	12	304662.40		
Total	6229696.00	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	568516.00	1	568516.00	1.87	0.1970
Contraste2	672800.00	1	672800.00	2.21	0.1631
Contraste3	202248.00	1	202248.00	0.66	0.4311
Contraste4	669780.00	1	669780.00	2.20	0.1639
Total	2113344.00	4	528336.00	1.73	0.2071

**Cuadro A -20: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 gramos de raíz a los 8 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Meloi <sup>1</sup>	4	76.00	136.16	18538.67	0.00	280.00
1	Roty <sup>2</sup>	4	8.00	11.31	128.00	0.00	24.00
1	Rad <sup>3</sup>	4	160.00	298.83	89301.33	0.00	608.00
1	Praty <sup>4</sup>	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Helico <sup>5</sup>	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Meloi	4	54.00	76.84	5904.00	0.00	168.00
2	Roty	4	8.00	9.24	85.33	0.00	16.00
2	Rad	4	424.00	784.33	615168.00	0.00	1600.00
2	Praty	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
2	Helico	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
3	Meloi	4	24.00	48.00	2304.00	0.00	96.00
3	Roty	4	6.00	7.66	58.67	0.00	16.00
3	Rad	4	526.00	597.11	356538.67	8.00	1120.00
3	Praty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Helico	4	6.00	4.00	16.00	0.00	8.00
4	Meloi	4	106.00	154.76	23952.00	0.00	328.00
4	Roty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Rad	4	28.00	56.00	3136.00	0.00	112.00
4	Praty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Meloi	4	36.00	47.33	2240.00	0.00	104.00
5	Roty	4	14.00	7.66	58.67	8.00	24.00
5	Rad	4	1018.00	586.33	343781.33	240.00	1584.00
5	Praty	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
5	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup>Meloidogyne spp., <sup>2</sup>Rotylenchulus spp., <sup>3</sup>Radopholus spp., <sup>4</sup>Pratylenchus spp. y

<sup>5</sup>Helicotylenchus spp.

**Cuadro A -21: Análisis de varianza para el número de nematodos fitoparásitos en 100 gramos de raíz a los 12 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fito	20	0.40	0.05	137.18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2397043.20	7	342434.74	1.14	0.4002
Bloque	1675200.00	3	558400.00	1.86	0.1898
Trat	721843.20	4	180460.80	0.60	0.6687
Error	3598720.00	12	299893.33		
Total	5995763.20	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	270400.00	1	270400.00	0.90	0.3611
Contraste2	48672.00	1	48672.00	0.16	0.6941
Contraste3	242208.00	1	242208.00	0.81	0.3865
Contraste4	160563.20	1	160563.20	0.54	0.4784
Total	721843.20	4	180460.80	0.60	0.6687

**Cuadro A -22: Estadística descriptiva para el número de nematodos fitoparásitos en 100 gramos de raíz a los 12 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rad <sup>1</sup>	4	68.00	76.59	5866.67	0.00	176.00
1	Meloi <sup>2</sup>	4	28.00	56.00	3136.00	0.00	112.00
1	Roty <sup>3</sup>	4	4.00	8.00	64.00	0.00	16.00
1	Helico <sup>4</sup>	4	40.00	60.58	3669.33	0.00	128.00
2	Rad	4	624.00	778.92	606720.00	0.00	1712.00
2	Meloi	4	28.00	56.00	3136.00	0.00	112.00
2	Roty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Rad	4	436.00	850.80	723861.33	0.00	1712.00
3	Meloi	4	12.00	24.00	576.00	0.00	48.00
3	Roty	4	40.00	80.00	6400.00	0.00	160.00
3	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Rad	4	204.00	150.87	22762.67	0.00	352.00
4	Meloi	4	16.00	32.00	1024.00	0.00	64.00
4	Roty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Helico	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Rad	4	492.00	703.80	495338.67	16.00	1536.00
5	Meloi	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Roty	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Helico	4	4.00	8.00	64.00	0.00	16.00

<sup>1</sup>Radopholus spp., <sup>2</sup>Meloidogyne spp., <sup>3</sup>Rotylenchulus spp. y <sup>4</sup>Helicotylenchus spp.

**Cuadro A -23: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz a los 4 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.61	0.38	159.81

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	144989.55	7	20712.79	2.66	0.0658
Bloque	18198.55	3	6066.18	0.78	0.5285
Trat	126791.00	4	31697.75	4.07	0.0261
Error	93552.20	12	7796.02		
Total	238541.75	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	49395.06	1	49395.06	6.34	0.0271
Contraste2	64980.13	1	64980.13	8.34	0.0137
Contraste3	288.00	1	288.00	0.04	0.8508
Contraste4	12127.81	1	12127.81	1.56	0.2361
Total	126791.00	4	31697.75	4.07	0.0261

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=136.03**

Error: 7796.0167 gl: 12

Trat	Medias	n	
3.00	6.00	4	A
4.00	6.00	4	A
1.00	18.00	4	A
2.00	33.00	4	A
5.00	213.25	4	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -24: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz a los 4 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rhabd <sup>1</sup>	4	18.00	21.04	442.67	0.00	48.00
2	Rhabd	4	33.00	32.39	1049.33	8.00	76.00
3	Rhabd	4	6.00	7.66	58.67	0.00	16.00
4	Rhabd	4	6.00	4.00	16.00	0.00	8.00
5	Rhabd	4	213.25	188.90	35683.58	8.00	464.00

<sup>1</sup>Rhabditoides

**Cuadro A -25: Análisis de varianza para el número de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz a los 8 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.31	0.00	157.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	663840.00	7	94834.29	0.77	0.6216
Bloque	381452.80	3	127150.93	1.04	0.4119
Trat	282387.20	4	70596.80	0.57	0.6863
Error	1473619.20	12	122801.60		
Total	2137459.20	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	12544.00	1	12544.00	0.10	0.7548
Contraste2	47432.00	1	47432.00	0.39	0.5459
Contraste3	141512.00	1	141512.00	1.15	0.3042
Contraste4	80899.20	1	80899.20	0.66	0.4328
Total	282387.20	4	70596.80	0.57	0.6863

**Cuadro A -26: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz a los 8 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rhabd <sup>1</sup>	4	414.00	710.68	505061.33	56.00	1480.00
1	Dory <sup>2</sup>	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
2	Rhabd	4	140.00	227.07	51562.67	8.00	480.00
2	Dory	4	10.00	20.00	400.00	0.00	40.00
3	Rhabd	4	142.00	118.91	14138.67	24.00	256.00
3	Dory	4	8.00	11.31	128.00	0.00	24.00
4	Rhabd	4	94.00	73.43	5392.00	8.00	176.00
4	Dory	4	2.00	4.00	16.00	0.00	8.00
5	Rhabd	4	270.00	225.46	50832.00	8.00	512.00
5	Dory	4	34.00	68.00	4624.00	0.00	136.00

<sup>1</sup>Rhabditoides y <sup>2</sup>Dorylaimoides

**Cuadro A -27: Análisis de varianza para el número de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz a los 12 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N.vida libre	20	0.50	0.21	101.32

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1735449.60	7	247921.37	1.72	0.1946
Bloque	1070796.80	3	356932.27	2.48	0.1110
Trat	664652.80	4	166163.20	1.15	0.3781
Error	1726899.20	12	143908.27		
Total	3462348.80	19			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	399424.00	1	399424.00	2.78	0.1216
Contraste2	170528.00	1	170528.00	1.18	0.2977
Contraste3	32.00	1	32.00	2.2E-04	0.9883
Contraste4	94668.80	1	94668.80	0.66	0.4331
Total	664652.80	4	166163.20	1.15	0.3781

**Cuadro A -28: Estadística descriptiva para el número de nematodos de vida libre en 100 gramos de raíz a los 12 meses después de la siembra**

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx
1	Rhabd <sup>1</sup>	4	176.00	238.04	56661.33	16.00	528.00
1	Dory <sup>2</sup>	4	4.00	8.00	64.00	0.00	16.00
2	Rhabd	4	352.00	468.30	219306.67	16.00	1024.00
2	Dory	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Rhabd	4	176.00	195.09	38058.67	16.00	432.00
3	Dory	4	8.00	9.24	85.33	0.00	16.00
4	Rhabd	4	512.00	495.23	245248.00	128.00	1216.00
4	Dory	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Rhabd	4	644.00	612.94	375701.33	144.00	1536.00
5	Dory	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup>Rhabditoides y <sup>2</sup>Dorylaimoides

**Cuadro A -29: Análisis de varianza y comparaciones de medias para la altura en centímetros de las plantas a los 4 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	160	0.21	0.17	16.67

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16547.37	7	2363.91	5.71	<0.0001
Trat	9953.88	4	2488.47	6.01	0.0002
Bloque	6593.49	3	2197.83	5.31	0.0017
Error	62966.97	152	414.26		
Total	79514.34	159			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	935.28	1	935.28	2.26	0.1350
Contraste2	819.11	1	819.11	1.98	0.1617
Contraste3	565.32	1	565.32	1.36	0.2446
Contraste4	7634.17	1	7634.17	18.43	<0.0001
Total	9953.88	4	2488.47	6.01	0.0002

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=10.05**

Error: 414.2564 gl: 152

Trat	Medias	n	
4	108.26	32	A
5	122.40	32	B
3	123.25	32	B C
1	123.60	32	B C
2	132.86	32	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -30: Análisis de varianza y comparaciones de medias para la altura en centímetros de las plantas a los 8 meses después de la siembra**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	160	0.17	0.13	11.29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25600.14	7	3657.16	4.38	0.0002
Trat	15199.98	4	3799.99	4.55	0.0017
Bloque	10400.16	3	3466.72	4.15	0.0073
Error	126864.38	152	834.63		
Total	152464.52	159			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	2530.27	1	2530.27	3.03	0.0837
Contraste2	6312.67	1	6312.67	7.56	0.0067
Contraste3	672.99	1	672.99	0.81	0.3706
Contraste4	5684.05	1	5684.05	6.81	0.0100
Total	15199.98	4	3799.99	4.55	0.0017

**Cuadro A -30: Análisis de varianza y comparaciones de medias para la altura en centímetros de las plantas a los 8 meses después de la siembra (Continuación)**

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=14.27**

*Error: 834.6341 gl: 152*

Trat	Medias	n			
4	243.86	32	A		
5	249.58	32	A	B	
1	253.89	32	A	B	
3	259.04	32		B	C
2	272.52	32			C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -31: Análisis de varianza y comparaciones de medias para la altura en centímetros de las plantas en la florecida**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	155	0.14	0.10	7.16

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12404.34	7	1772.05	3.53	0.0016
Bloque	4261.99	3	1420.66	2.83	0.0406
Trat	8320.95	4	2080.24	4.14	0.0033
Error	73818.62	147	502.17		
Total	86222.96	154			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	52.17	1	52.17	0.10	0.7477
Contraste2	7035.51	1	7035.51	14.01	0.0003
Contraste3	1209.62	1	1209.62	2.41	0.1228
Contraste4	7.18	1	7.18	0.01	0.9050
Total	8320.95	4	2080.24	4.14	0.0033

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=11.25**

*Error: 502.1675 gl: 147*

Trat	Medias	n			
5.00	301.76	31	A		
1.00	309.29	30	A	B	
4.00	312.52	31	A	B	C
3.00	318.13	32		B	C
2.00	323.07	31			C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -32: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el diámetro en centímetros de las plantas a los 4 meses después de la siembra (a una altura de 100cm).**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro	135	0.23	0.19	14.41

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	530.43	7	75.78	5.48	<0.0001
Bloque	109.36	3	36.45	2.64	0.0525
Trat	401.51	4	100.38	7.26	<0.0001
Error	1755.57	127	13.82		
Total	2286.01	134			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	26.89	1	26.89	1.95	0.1655
Contraste2	68.89	1	68.89	4.98	0.0273
Contraste3	89.10	1	89.10	6.45	0.0123
Contraste4	219.79	1	219.79	15.90	0.0001
Total	401.51	4	100.38	7.26	<0.0001

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=2.01**

Error: 13.8234 gl: 127

Trat	Medias	n			
4	22.90	22	A		
3	24.64	29	A	B	
5	25.74	28		B	C
1	27.12	29			C D
2	27.98	27			D

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -33: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el diámetro en centímetros de las plantas a los 8 meses después de la siembra (a una altura de 100cm).**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro	160	0.20	0.16	11.86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	991.72	7	141.67	5.33	<0.0001
Trat	914.22	4	228.55	8.59	<0.0001
Bloque	77.50	3	25.83	0.97	0.4079
Error	4042.14	152	26.59		
Total	5033.85	159			

**Cuadro A -33: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el diámetro en centímetros de las plantas a los 8 meses después de la siembra (a una altura de 100cm)(Continuación).**

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	195.53	1	195.53	7.35	0.0075
Contraste2	243.36	1	243.36	9.15	0.0029
Contraste3	32.78	1	32.78	1.23	0.2687
Contraste4	442.56	1	442.56	16.64	0.0001
Total	914.22	4	228.55	8.59	<0.0001

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=2.55**

*Error: 26.5930 gl: 152*

Trat	Medias	n			
4	40.14	32	A		
1	42.35	32	A	B	
5	43.58	32		B	
3	43.78	32		B	
2	47.48	32			C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -34: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el diámetro en centímetros de las plantas en la florecida (a una altura de 100cm).**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro	155	0.45	0.42	5.77

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	909.86	7	129.98	16.98	<0.0001
Bloque	189.25	3	63.08	8.24	<0.0001
Trat	725.06	4	181.26	23.67	<0.0001
Error	1125.51	147	7.66		
Total	2035.37	154			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	91.88	1	91.88	12.00	0.0007
Contraste2	423.77	1	423.77	55.35	<0.0001
Contraste3	48.17	1	48.17	6.29	0.0132
Contraste4	162.18	1	162.18	21.18	<0.0001
Total	725.06	4	181.26	23.67	<0.0001

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=1.40**

*Error: 7.6565 gl: 147*

Trat	Medias	n			
4.00	45.89	31	A		
5.00	46.70	31	A		
1.00	46.71	30	A		
3.00	48.47	32		B	
2.00	51.93	31			C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -35: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de retoños por planta.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Retoños	132	0.14	0.10	36.19

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	279.78	7	39.97	2.99	0.0062
Bloque	129.55	3	43.18	3.23	0.0247
Trat	166.96	4	41.74	3.13	0.0173
Error	1655.94	124	13.35		
Total	1935.72	131			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	23.33	1	23.33	1.75	0.1887
Contraste2	61.85	1	61.85	4.63	0.0333
Contraste3	21.56	1	21.56	1.61	0.2062
Contraste4	64.11	1	64.11	4.80	0.0303
Total	166.96	4	41.74	3.13	0.0173

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=1.99**

*Error: 13.3544 gl: 124*

Trat	Medias	n	
4.00	8.84	28	A
1.00	9.43	28	A
5.00	9.93	26	A
3.00	10.71	25	A B
2.00	12.14	25	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -36: Análisis de varianza para el número de hojas funcionales en la florecida.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hojas flo	155	0.09	0.05	11.57

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26.12	7	3.73	2.05	0.0522
Bloque	13.52	3	4.51	2.48	0.0634
Trat	12.61	4	3.15	1.73	0.1454
Error	267.07	147	1.82		
Total	293.19	154			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	9.62	1	9.62	5.30	0.0228
Contraste2	0.72	1	0.72	0.40	0.5304
Contraste3	1.94	1	1.94	1.07	0.3029
Contraste4	0.13	1	0.13	0.07	0.7901
Total	12.61	4	3.15	1.73	0.1454

**Cuadro A -37: Análisis de varianza para el número de hojas funcionales en la cosecha.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hojas cos	132	0.10	0.04	15.95

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26.42	7	3.77	1.87	0.0802
Bloque	7.42	3	2.47	1.22	0.3040
Trat	18.29	4	4.57	2.26	0.0661
Error	250.48	124	2.02		
Total	276.91	131			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	1.52	1	1.52	0.75	0.3871
Contraste2	15.30	1	15.30	7.57	0.0068
Contraste3	1.24	1	1.24	0.61	0.4357
Contraste4	0.15	1	0.15	0.07	0.7856
Total	18.29	4	4.57	2.26	0.0661

**Cuadro A -38: Análisis de varianza para el porcentaje de plantas volcadas por parcela**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% volcadas	20	0.47	0.17	95.65

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3484.38	7	497.77	1.55	0.2414
Bloque	906.25	3	302.08	0.94	0.4520
Trat	2578.13	4	644.53	2.00	0.1580
Error	3859.3812		321.61		
Total	7343.7519				

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	976.56	1	976.56	3.04	0.1070
Contraste2	1582.03	1	1582.03	4.92	0.0466
Contraste3	19.53	1	19.53	0.06	0.8095
Contraste4	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Total	2578.13	4	644.53	2.00	0.1580

**Cuadro A -39: Análisis de varianza y comparaciones de medias para los días de siembra a la floración.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Días a la flora	149	0.14	0.10	5.55

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6760.91	7	965.84	3.24	0.0032
Bloque	190.18	3	63.39	0.21	0.8873
Trat	6609.89	4	1652.47	5.55	0.0004
Error	41970.80	141	297.67		
Total	48731.72	148			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	1300.77	1	1300.77	4.37	0.0384
Contraste2	93.75	1	93.75	0.31	0.5755
Contraste3	2043.92	1	2043.92	6.87	0.0097
Contraste4	3148.54	1	3148.54	10.58	0.0014
Total	6609.89	4	1652.47	5.55	0.0004

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=8.85**

Error: 297.6653 gl: 141

Trat	Medias	n	
5	303.51	28	A
1	305.53	27	A
2	306.04	31	A
3	317.34	32	B
4	319.45	31	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -40: Análisis de varianza para los días de siembra a la cosecha.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Días a la cos	117	0.09	0.03	4.58

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3467.12	7	495.30	1.47	0.1860
Bloque	641.16	3	213.72	0.63	0.5949
Trat	2813.71	4	703.43	2.09	0.0876
Error	36762.85	109	337.27		
Total	40229.97	116			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	631.40	1	631.40	1.87	0.1741
Contraste2	85.96	1	85.96	0.25	0.6147
Contraste3	1110.82	1	1110.82	3.29	0.0723
Contraste4	1099.21	1	1099.21	3.26	0.0738
Total	2813.71	4	703.43	2.09	0.0876

**Cuadro A -41: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de manos por racimo.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Manos	142	0.11	0.06	9.94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.70	7	1.10	2.26	0.0332
Bloque	1.40	3	0.47	0.96	0.4157
Trat	6.21	4	1.55	3.19	0.0155
Error	65.24	134	0.49		
Total	72.94	141			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	0.75	1	0.75	1.55	0.2160
Contraste2	3.70	1	3.70	7.59	0.0067
Contraste3	0.88	1	0.88	1.81	0.1802
Contraste4	0.93	1	0.93	1.90	0.1699
Total	6.21	4	1.55	3.19	0.0155

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=0.37**

*Error: 0.4868 gl: 134*

Trat	Medias	n	
1.00	6.86	30	A
4.00	6.87	30	A
5.00	6.88	26	A
3.00	7.10	30	A B
2.00	7.41	26	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -42: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de frutas por racimo.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Frutas	141	0.10	0.05	15.84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	577.93	7	82.56	2.05	0.0537
Bloque	287.51	3	95.84	2.38	0.0728
Trat	271.20	4	67.80	1.68	0.1580
Error	5363.05	133	40.32		
Total	5940.98	140			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	88.11	1	88.11	2.18	0.1417
Contraste2	104.77	1	104.77	2.60	0.1094
Contraste3	37.23	1	37.23	0.92	0.3384
Contraste4	49.76	1	49.76	1.23	0.2687
Total	271.20	4	67.80	1.68	0.1580

**Cuadro A -42: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de frutas por racimo(Continuación).**

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=3.35**

*Error: 40.3237 gl: 133*

Trat	Medias	n		
1.00	38.79	30	A	
4.00	39.03	30	A	
5.00	39.95	26	A	B
3.00	40.37	30	A	B
2.00	42.81	25		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -43: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el peso del racimo sin el raquis ( kg)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso(sinr)	98	0.16	0.10	18.33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	130.24	7	18.61	2.46	0.0236
Bloque	13.62	3	4.54	0.60	0.6169
Trat	106.11	4	26.53	3.50	0.0105
Error	681.53	90	7.57		
Total	811.77	97			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor	
Contraste1	1.89	1	1.89	0.25	0.6186	
Contraste2	96.46	1	96.46	12.74	0.0006	
Contraste3	0.78	1	0.78	0.10	0.7494	
Contraste4	5.14	1	5.14	0.68	0.4122	
Total	106.11	4	26.53	3.50	0.0105	

**Coefficientes de los contrastes**

Trat	Cont. 1	Cont. 2	Cont. 3	Cont. 4
1.00	-1.00	0.00	1.00	1.00
2.00	1.00	1.00	0.00	1.00
3.00	-1.00	0.00	-1.00	1.00
4.00	0.00	0.00	0.00	-4.00
5.00	1.00	-1.00	0.00	1.00

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=1.75**

*Error: 7.5726 gl: 90*

Trat	Medias	n		
5.00	13.67	18	A	
4.00	14.58	22	A	
3.00	14.83	17	A	
1.00	15.12	21	A	
2.00	16.92	20		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

**Cuadro A -44: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el número de galerías provocadas por la larva del picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*)<sup>1</sup>**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LN_Galerías	60	0.36	0.27	50.42

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.80	7	2.26	4.14	0.0011
Bloque	2.93	3	0.98	1.79	0.1600
Trat	9.19	4	2.30	4.22	0.0050
Error	28.33	52	0.54		
Total	44.13	59			

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	2.90	1	2.90	5.32	0.0251
Contraste2	4.61	1	4.61	8.46	0.0053
Contraste3	1.1E-04	1	1.1E-04	2.1E-04	0.9885
Contraste4	2.8E-03	1	2.8E-03	0.01	0.9430
Total	9.19	4	2.30	4.22	0.0050

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=1.88\***

Error: 0.5448 gl: 52

Trat	Medias <sup>2</sup>	n	
1.00	2.97	11	A
3.00	3.39	9	A
2.00	3.09	12	A
4.00	3.97	6	A B
5.00	7.39	22	B

<sup>1</sup>Se practicó una transformación de los datos a logaritmo natural para estabilizar normalidad y varianzas. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) según DMS de Fisher

<sup>2</sup>Medias destranformadas

\*Diferencia mínima significativa destranformada

**Cuadro A -45: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el daño provocado por la larva del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*)<sup>1</sup>**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Vilardebo	129	0.37	0.33	156.52

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6161.16	7	880.17	10.14	<0.0001
Bloque	2.48	3	0.83	0.01	0.9987
Trat	6082.55	4	1520.64	17.51	<0.0001
Error	10506.56	121	86.83		
Total	16667.72	128			

**Cuadro A -45: Análisis de varianza y comparaciones de medias para el daño provocado por la larva del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*)(Continuación).**

**Contrastes**

Trat	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	2234.53	1	2234.53	25.73	<0.0001
Contraste2	2854.27	1	2854.27	32.87	<0.0001
Contraste3	0.12	1	0.12	1.3E-03	0.9710
Contraste4	810.90	1	810.90	9.34	0.0028
Total	6082.55	4	1520.64	17.51	<0.0001

**Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=5.14**

Error: 86.8310 gl: 121

Trat	Medias	n	
4.00	1.01	27	A
3.00	2.41	25	A
1.00	2.50	27	A
2.00	4.37	24	A
5.00	19.51	26	B

<sup>1</sup>Análisis no cumple supuestos del análisis de varianza

**Cuadro A -46: Análisis de regresión lineal para ln (media) vs. ln(varianza)del total de los conteos del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*) en el tratamiento 1.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP
LNVar	23	0.73	0.71	0.57

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	EE	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	0.37	0.18	7.6E-04	0.73	2.08	0.0496	
LNMedia	1.36	0.18	0.98	1.74 7.45		<0.0001	54.09

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24.36	1	24.36	55.57	<0.0001
LNMedia	24.36	1	24.36	55.57	<0.0001
Error	9.21	21	0.44		
Total	33.57	22			

**Cuadro A -47: Análisis de regresión lineal para ln (media) vs. ln(varianza)del total de los conteos del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*) en el tratamiento 5.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP
LNVar	18	0.83	0.82	0.34

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	EE	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	0.56	0.18	0.19	0.94	3.19	0.0057	
LNMedia	1.47	0.16	1.12	1.81	8.91	<0.0001	75.84

**Cuadro A -47: Análisis de regresión lineal para ln (media) vs. ln(varianza)del total de los conteos del picudo plátano (*Cosmopolites sordidus*) en el tratamiento 5 (Continuación).**

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	22.75	1	22.75	79.45	<0.0001
LNMedia	22.75	1	22.75	79.45	<0.0001
Error	4.58	16	0.29		
Total	27.33	17			