

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSTGRADO

EVALUACIÓN DE NEMATÓCIDAS, ENMIENDAS
ORGÁNICAS Y RESISTENCIA VARIETAL
AL NEMATODO AGALLADOR
(*Meloidogyne salasi* López) EN EL
CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN PANAMA

*Tesis sometida a la consideración del Comité
Técnico Académico del Programa de Estudios
de Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales del Centro
Agronómico Tropical de Investigación
y Enseñanza, para optar al grado de*

Magister Scientiae

Por

José Antonio Aguilar López

CATIE

Turrialba, Costa Rica

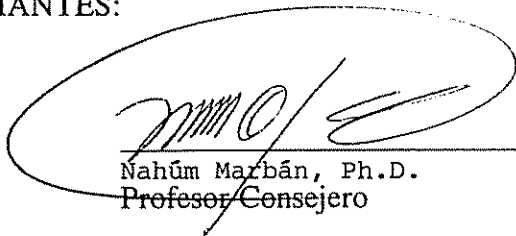
1993

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

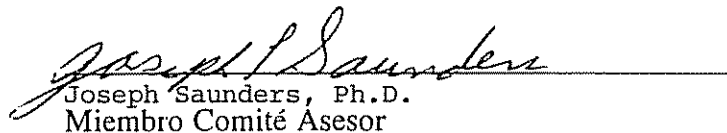
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y RECURSOS NATURALES

MAGISTER SCIENTIAE

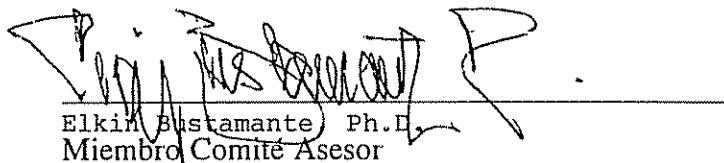
FIRMANTES:



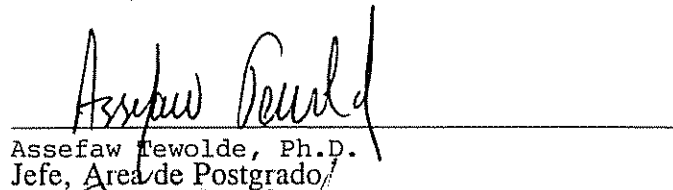
Nahúm Marbán, Ph.D.
Profesor/Consejero



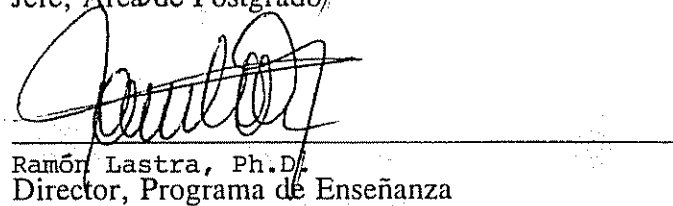
Joseph Saunders, Ph.D.
Miembro Comité Asesor



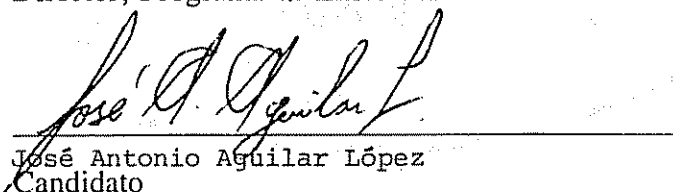
Elkin Bustamante, Ph.D.
Miembro Comité Asesor



Assefaw Tewolde, Ph.D.
Jefe, Area de Postgrado



Ramón Lastra, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza



José Antonio Aguilar López
Candidato

A Dios Todopoderoso y Jesús Nazareno de Atalaya por
permitirme culminar los estudios

A mis padres Armando Acosta y Edilma López Frago por su
apoyo y estímulo

A mi esposa Nisla de Aguilar y a nuestros hijos Madeline
Julieth, José Antonio y Nisla Marlene por su amor y
comprensión

A mis hermanos Efraín, Armando, Edilma y Vielka

A mis tíos Nereyda, Venancio y Ezequiel López Frago por sus
estímulos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al profesor consejero Dr. Nahúm Marbán los conocimientos impartidos en Nematología y su colaboración en el presente trabajo.

A los doctores Joseph Saunders y Elkin Bustamante por la revisión y sugerencias del manuscrito.

Al Dr. Eric Candanedo por su colaboración durante el desarrollo del estudio en Panamá.

A la empresa Central de Granos de Coclé (CEGRACO) por su valiosa colaboración en el experimento de campo y en particular a los ingenieros Domicio Espino y Luciano García. Asimismo al personal técnico y de campo.

Al CEIAT de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Panamá por facilitarnos sus instalaciones para el experimento de invernadero.

A los licenciados Florentino Vega y Alvaro Jaén de la Unidad de Cómputo, como también al personal de suelos del IDIAP por su colaboración en el análisis estadístico de los datos y análisis de suelo y de la gallinaza.

Al agrónomo Gregorio Aranda del laboratorio de Nematología del IDIAP por su colaboración en el procesamiento de las muestras de suelo y raíces.

Al Ing. Gustavo López de la Unidad de Cómputo-CATIE y al Lic. Gustavo Calvo del Proyecto MIP-CATIE por su colaboración.

A mis amigos y colegas Tomás Rojas y Galileo Rivas por su desinteresada colaboración y apoyo.

A los compañeros de la promoción 1991-1993.

Al proyecto RENARM-MIP por el otorgamiento de la beca que permitió el financiamiento de mis estudios.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	viii
SUMMARY	ix
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xiv
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 El género <i>Meloidogyne</i>	4
2.2 <i>M. salasi</i> en zonas productoras de arroz	4
2.3 Ubicación taxonómica del nematodo agallador de raíces en el cultivo de arroz	6
2.4 Descripción de síntomas ocasionadas por especies afines de <i>Meloidogyne</i> spp. en el cultivo de arroz	6
2.5 Consideraciones básicas para el manejo y control de los fitonematodos	8
2.5.1 Temperatura	9
2.5.2 Humedad	10
2.5.3 Textura del suelo	11
2.6 Uso de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el manejo y control de fitonematodos	11
2.6.1 Fertilizantes	14
2.6.2 Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	14
2.6.3 Tortas de aceite	15

2.6.4 Estiercol avícola (Gallinaza)	16
2.6.5 Enmiendas quitinosas	16
2.7 Adición de agentes antagonistas y otros desechos orgánicos para aumentar la efectividad de las enmiendas	19
2.8 Enmiendas quitinosas obtenidas de caparazones de cangrejos para el control de fitonematodos	20
2.9 Consideraciones importantes sobre el uso de enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para la supresión de fitonematodos	21
2.10 Búsqueda de plantas hospedantes resistentes (PHR) a las especies de <i>Meloidogyne</i>	25
2.11 Susceptibilidad, resistencia y tolerancia	26
2.12 Logros obtenidos con plantas hospedantes resistentes (PHR) a los fitonematodos	28
2.13 Métodos para determinar la resistencia del hospedante a las infecciones del nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> spp.	30
III. MATERIALES Y METODOS	32
3.1 Evaluación de nematicidas y enmiendas orgá- nicas aplicadas al suelo para el control del nematodo agallador <i>Meloidogyne salasi</i> en el cultivo de arroz var. <i>Oryzica 1</i>	32
3.1.1 Localización del estudio	32
3.1.2 Descripción de la unidad experimental y tratamientos	34
3.1.3 Diseño experimental	35
3.1.4 Variables evaluadas	36
3.1.5 Análisis estadístico y económico de los datos	38

3.2	Evaluación de resistencia varietal contra el nematodo agallador <i>M. salasi</i> en 40 genotipos de arroz	39
3.2.1	Localización del estudio	39
3.2.2	Preparación de la fuente de inóculo	39
3.2.3	Descripción de la unidad experimental y tratamientos	40
3.2.4	Diseño experimental	41
3.2.5	Variables evaluadas	42
3.2.6	Análisis estadístico de los datos	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	42
	Evaluación de nematicidas y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control del nematodo agallador <i>M. salasi</i> en el cultivo de arroz var. <i>Oryzica 1</i>	44
	Evaluación de resistencia varietal contra el nematodo agallador <i>Meloidogyne salasi</i> en 40 genotipos de arroz (<i>Oryza sativa</i>)	87
V.	CONCLUSIONES	96
VI.	RECOMENDACIONES	97
VII.	BIBLIOGRAFIA	98
VIII.	ANEXOS	106

AGUILAR LOPEZ, J.A. 1993. Evaluación de nematicidas, enmiendas orgánicas y resistencia varietal al nematodo agallador (*Meloidogyne salasi* López) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Panamá. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110p.

Palabras clave: Arroz (*Oryza sativa* L.), Nematicidas, Gallinaza, Quitina, Índice de agallamiento radical, Juveniles (J2), *Meloidogyne salasi*, Genotipos, Susceptibilidad, Resistencia, Índice de reproducción.

RESUMEN

En las zonas productoras de arroz de las regiones central y occidental de Panamá se destaca la presencia de un nematodo agallador de raíces identificado como *Meloidogyne salasi*, cuyos daños al cultivo han sido estimados en 50%. Para el manejo de este patógeno se evaluó bajo condiciones de campo el efecto de los nematicidas terbufos 10G (2.5 Kg i.a./ha) y ethoprop 15G (3 y 6 Kg i.a./ha), y las enmiendas orgánicas gallinaza (4, 8, 12 y 16 ton/ha) y quitina (150, 250, 350 y 450 Kg/ha) sobre el comportamiento de *M. salasi* en el cultivo de arroz var. Oryzica 1. No se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en las densidades poblacionales del nematodo durante el ciclo del cultivo en los distintos tratamientos. Los porcentajes de agallamiento radical oscilaron entre 0.07 a 1.59 %, lo que sugiere que la variedad de arroz Oryzica 1 es un genotipo resistente al nematodo. Bajo condiciones de invernadero se evaluó la respuesta de 40 genotipos de arroz procedentes del IRRI. Estos fueron inoculados con 5000 huevos y J2 de *M. salasi*/macetero. A los 60 días después de la inoculación se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre el porcentaje de agallamiento radical, peso fresco de raíces e índice de reproducción. Estos resultados confirman que los genotipos de arroz influyeron sobre el comportamiento y reproducción de *M. salasi*. Los genotipos de arroz identificados como resistentes deberán evaluarse bajo condiciones de campo en términos de rendimiento.

AGUILAR LOPEZ, J.A. 1993. Nematicides, organic matter amendments and cultivar resistance evaluation to root-knot nematode (*Meloidogyne salasi* López) in rice crop (*Oryza sativa* L.) in Panama. Thesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110p.

Key words: Rice (*Oryza sativa* L.), Nematicides, Poultry manure, Chitin, Root-knot Index, Juveniles (J2), *Meloidogyne salasi*, Genotypes, Susceptibility, Resistance, Reproduction Index.

SUMMARY

Root-knot nematode (*Meloidogyne salasi*) damage to rice has been estimated at 50% in rice producing areas in central and western Panama. The effect of the nematicides terbufos 10G (2.5 Kg a.i./ha) and ethoprop 15G (3 and 6 Kg a.i./ha) and organic amendments chicken manure (4,8,12 and 16 ton/ha) and chitin (150, 250, 350 y 450 Kg/ha) on the behavior of *M. salasi* in the rice var. Oryzica 1 was evaluated to control this pathogen under field conditions. No significant differences ($p \geq 0.05$) were found in the nematode's populational densities during the cropping cycle for treatments. Root-knotting percentages oscillated between 0.07-1.59%, which suggests that this variety of rice is resistant to the nematode. Under greenhouse conditions, the response of 40 rice genotypes from IRRI was evaluated. These were inoculated with 5000 eggs and J2 of *M. salasi*/pot. Sixty days after inoculation, highly significant differences ($p \leq 0.05$) were found between the root-knot percentage, root fresh weight and reproduction index. These results confirm that rice genotypes influenced *M. salasi* behavior and reproduction. The most resistant rice genotypes should be evaluated under field conditions in terms of yield.

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Descripción de tratamientos y dosis utilizadas para el control del nematodo agallador <i>M. salasi</i> en el cultivo de arroz var. <i>Oryzica 1</i> . Panamá, 1993.	34
2. Genotipos de arroz (<i>Oryza sativa</i>) procedentes del IRRI para evaluación de resistencia a <i>M. salasi</i> en Panamá.	40
3. Efecto de tratamientos sobre la población final (Pf) de segundos estadios juveniles (J2) de <i>M. salasi</i> /100 cc de suelo a los 120 ddg el arroz var. <i>Oryzica 1</i> . (N= 4 repeticiones).	49
4. Efecto de tratamientos en el porcentaje de agallamiento (AG), huevos/50 g (H/50 g) y juveniles (J2) de <i>M. salasi</i> /50 g de raíces (J2/50 g) de arroz var <i>Oryzica 1</i> a los 135 ddg. (N= 4 repeticiones).	58
5. Efecto de tratamientos sobre el número promedio de panículas/m ² (P/m ²), número promedio de granos llenos (GLL/P), vanos (GV/P) y totales/panículas (GT/P) a los 135 ddg el arroz var. <i>Oryzica 1</i> . (N= 4 repeticiones).	61
6. Rendimiento bruto de campo (RBC), porcentaje de humedad (% H) y rendimiento neto (RN) de arroz var. <i>Oryzica 1</i> a los 135 ddg. (N=4 repeticiones).	69
7. Efecto de tratamientos sobre el rendimiento de calidad molinera para los parámetros porcentaje de arroz grano entero (% GE), 3/4 (% G 3/4) y arrocillo (% ARR) a los 135 ddg el arroz var. <i>Oryzica 1</i> . (N=4 repeticiones).	71
8. Presupuestos parciales del ensayo sobre la evaluación de nematicidas y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control del nematodo agallador <i>Meloidogyne salasi</i> en el cultivo de arroz var. <i>Oryzica 1</i> en Panamá.	84

9. Análisis de dominancia del ensayo sobre la evaluación de nematicidas y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control del nematodo agallador *M. salasi* en el cultivo de arroz var. Oryzica 1. 85
10. Análisis de retorno marginal de los tratamientos no dominados en el ensayo sobre la evaluación de nematicidas y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control del nematodo agallador *M. salasi* en el cultivo de arroz var. Oryzica 1. 86
11. Porcentaje e índice de agallamiento radical en 40 genotipos de arroz a los 60 dd de la inoculación de 5000 huevos y segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi*/macetero. (N= 3 repeticiones). 89
12. Peso fresco promedio de raíces (g) en 40 genotipos de arroz a los 60 dd de la inoculación de 5000 huevos y segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi*/macetero. (N= 3 repeticiones). 91
13. Índice de reproducción ($IR = Pf/Pi$) y respuesta del hospedante (%S y/o R) observada en 40 genotipos de arroz a los 60 dd de la inoculación de 5000 huevos y segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi*/macetero. (N= 3 repeticiones). 93

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Muestreo sistemático reticulado en la finca Santa Rita de CEGRACO. Santa María, Herrera.	46
2. Población de juveniles (J2) de <i>M. salasi</i> / 100 cc de suelo en arroz var. Oryzica 1 en función del tiempo.	47
3. Promedio de la densidad de población final (P_f) de J2 de <i>M. salasi</i> /1 cc de suelo durante los 120 ddg el arroz var. Oryzica 1.	50
4. Efecto del nematicida Terbufos 10G y distintas dosis de gallinaza sobre J2 de <i>M. salasi</i> , 120 ddg el arroz var. Oryzica 1 en Panamá.	54
5. Efecto de distintas dosis del nematicida Ethoprop 15G y la enmienda gallinaza sobre J2 de <i>M. salasi</i> , 120 ddg el arroz var. Oryzica 1 en Panamá.	55
6. Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina sobre J2 de <i>M. salasi</i> , 120 ddg el arroz var. Oryzica 1 en Panamá.	56
7. Efecto de distintas dosis de la enmienda gallinaza sobre el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.	63
8. Efecto de terbufos 10G y dosis de ethoprop 15G en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.	64
9. Efecto de terbufos 10G y varias dosis de la enmienda quitinosa en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.	66
10. Efecto de dosis de ethoprop 15G y de la enmienda gallinaza en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.	67

11.	Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.	68
12.	Efecto de distintas dosis de ethoprop 15G y la enmienda gallinaza en el porcentaje de humedad de granos a los 135 ddg el arroz var. Oryzica 1.	72
13.	Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina en el porcentaje de humedad de granos a los 135 ddg el arroz var. Oryzica 1.	73
14.	Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina sobre el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos enteros de arroz var. Oryzica 1.	76
15.	Efecto de dosis de terbufos 10G y ethoprop 15G sobre el el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos 3/4 en arroz var. Oryzica 1.	77
16.	Efecto de terbufos 10G y distintas dosis de la enmienda gallinaza sobre el el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos 3/4 en arroz var. Oryzica 1.	78
17.	Efecto de terbufos 10G y distintas dosis de la enmienda quitinosa sobre el el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos 3/4 en arroz var. Oryzica 1.	79
18.	Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina sobre el el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de arrocillo en arroz var. Oryzica 1.	80

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Prácticas agronómicas para la producción de 1 ha de arroz en la finca Santa Rita de CEGRACO. Santa María, Herrera. Panamá. 1993.	106
2. Escala de evaluación para estimación del índice de agallamiento en el sistema radical de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) provocado por el nematodo agallador <i>Meloidogyne salasi</i> .	107
3. Características físico-químicas del campo 825 de la finca Santa Rita de CEGRACO, Santa María, Herrera. (N= 4 repeticiones).	108
4. Principales elementos analizados en la enmienda gallinaza. (N= 4 repeticiones).	108
5. Principales elementos analizados en la enmienda quitinosa obtenida a partir de caparazones de camarones, secos y molidos. (N= 4 repeticiones).	108
6. Características físico-químicas del suelo proveniente de Pacora (Panamá), utilizado en experimento de respuesta hospedante de 40 genotipos de arroz al ataque de <i>M. salasi</i>	109
7. Costos unitarios de aplicación e insumos utilizados en el ensayo de nematicidas y enmiendas orgánicas.	110

I. INTRODUCCION

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Panamá, constituye el principal cereal básico dentro de la alimentación cotidiana de la población. La superficie total, cultivada en el país, asciende a 109 320 ha (Panamá 1992a, Panamá 1992b) y su producción es afectada por diversos factores tanto de naturaleza biótica como abiótica.

Entre los factores bióticos se encuentran diversas plagas dentro de las cuales se destacan los nematodos fitoparásitos. Durante los últimos ocho años, se han registrado pérdidas en los rendimientos de arroz, ocasionadas por un nematodo agallador del sistema radical, identificado como *Meloidogyne salasi* (López 1984).

Las áreas principalmente afectadas se concentran en las zonas productoras de las regiones central y occidental del país. Estas comprenden las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas (Región Central) y Chiriquí (Región Occidental). En estas provincias se cultivan 85 099 ha, las cuales representan el 77.84% de la superficie total de arroz cultivada en el país (Panamá 1992b). En algunas regiones se han llegado a reportar reducciones de hasta un 50% en el rendimiento del cultivo¹.

¹ Grillo, M. CEGRACO, Grupo CALESA. Coclé, Panamá

El manejo y control de este nematodo hasta el momento ha estado fundamentado en el empleo de métodos químicos, mediante el uso de nematicidas. Sin embargo, se ha confirmado que el uso continuo de este tipo de productos ha provocado severos daños al ecosistema y principalmente a la fauna que interactúa dentro del agroecosistema arroz.

El presente estudio evalúa el uso de otras opciones de manejo y control, basadas no sólo en el uso de nematicidas, sino también en la utilización de enmiendas orgánicas aplicadas al suelo y la identificación y selección de genotipos de arroz resistente al daño causado por *M. salasi*.

Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

1. Evaluar el efecto de diferentes dosis de nematicidas y enmiendas orgánicas sobre la densidad poblacional de *M. salasi* y el porcentaje de agallamiento radical en arroz.
2. Evaluar la viabilidad económica de las opciones de control con nematicidas y enmiendas orgánicas.
3. Evaluar el grado de susceptibilidad y/o resistencia de 40 genotipos de arroz al ataque de *M. salasi*.

4. Determinar el porcentaje de agallamiento radical e índice de reproducción de *M. salasi* en 40 genotipos de arroz.

5. Identificar y seleccionar genotipos promisorios con resistencia a *M. salasi* que puedan incorporarse a los programas nacionales de mejoramiento genético.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 El género *Meloidogyne* spp.

Los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* son los más ampliamente distribuidos por todo el mundo que cualquier otro grupo superior de nematodos parásitos de plantas (Sasser 1977). Además, cuando su importancia es considerada sobre una base mundial, ellos ocupan una alta posición en la lista de patógenos que afectan la producción económica de alimentos.

Las especies de nematodos agalladores se separan en las siguientes categorías: 1) las especies más comunes y bien conocidas como *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* (Chitwood 1949) y 2) las especies menos diseminadas o conocidas recientemente (Sasser 1977). En esta categoría se encuentra *M. salasi*, cuya ocurrencia se limita a las zonas productoras de arroz en Panamá y Costa Rica (López 1984).

2.2 *M. salasi* en zonas productoras de arroz

La información relativa a la biología, manejo y control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz en Panamá es muy escasa. Sin embargo, en un estudio realizado por Tarté (1970) en torno al reconocimiento de nematodos

asociados con diversos cultivos en Panamá, se logró destacar la existencia de 14 géneros de fitonematodos asociados al cultivo de arroz, incluyendo entre ellos a *Meloidogyne* spp. en las zonas de Chiriquí y Los Santos.

En 1975 *Meloidogyne* spp. alcanza mayor importancia al encontrársele asociado a plantaciones de arroz en la provincia de Coclé, donde ocasionó severos daños al sistema radical y pérdidas en rendimiento. Tales pérdidas motivaron que algunos agricultores abandonaran el cultivo y se dedicaran a la actividad ganadera (Tarté 1981).

En 1968 en Volcán de Buenos Aires (Puntarenas, Costa Rica), un nematodo agallador fue encontrado en plantaciones de arroz, causando severos daños. Este nematodo fue tentativamente identificado como una nueva especie de *Hypsoperine* (Figueroa 1973).

Durante 1979 en la localidad de La Cuesta, Costa Rica altas poblaciones de un nematodo agallador fueron evidenciadas en la variedad de arroz C.R. 1113 (Alvarado y López 1981). Asimismo en otras zonas arroceras del sureste de Costa Rica se constató la presencia de un nematodo agallador (Sancho 1981).

Las interpretaciones de los patrones perineales de la región vulvar de hembras adultas en especímenes preservados

de poblaciones provenientes de las zonas arroceras de Panamá y Costa Rica, confirmaron que la especie involucrada en ambos países era la misma. Estudios citológicos y morfométricos posteriores condujeron a la indentificación y establecimiento de la nueva especie *Meloidogyne salasi* presente en arroz (López 1984).

2.3 Ubicación taxonómica del nematodo agallador de raíces en el cultivo de arroz.

Reino : Animal
Phylum : Nematoda
Clase : Secernentea
Orden : Tylenchida
Superfamilia : Tylenchoidea
Familia : Meloidogynidae (Wouts 1973)
Género : *Meloidogyne* (Goeldi 1887)
Especie : *salasi* (López 1984)

2.4 Descripción de síntomas ocasionados por especies afines de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de arroz.

En el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) han sido descritas varias especies del nematodo agallador *Meloidogyne* (Goeldi 1887) atacando al cultivo, principalmente bajo condiciones de secano. Algunas de estas especies son *M. incognita* (Kofoid y White 1919, Chitwood

1949); *M. javanica* (Chitwood 1949, Treub 1985); *M. exigua* (Goeldi 1887); *M. graminicola* (Golden y Birchfield 1965); *M. thamesi* (Chitwood in Chitwood, Specht y Havis 1952, Goodey 1963) y *M. salasi* (López 1984).

En general, los síntomas ocasionados por especies del género *Meloidogyne* se manifiestan por la aparición de agallas o nódulos en el sistema radical de la planta que pueden variar en tamaño según la especie de nematodo involucrado. Este daño provoca que el desarrollo apical de las raíces sea retardado o detenido y usualmente no se distinguen síntomas visibles sobre el follaje. Sin embargo, en casos muy severos, el crecimiento es detenido, las hojas se vuelven amarillas y se produce un marchitamiento de la planta (Ou 1985).

Patnaik (1969), citado por Ou (1985), observó que *M. graminicola* requería de un mínimo de 41 horas para que el juvenil (J2) fijara su cabeza dentro del meristema apical de la raíz. Los fenómenos de hipertrofia e hiperplasia se iniciaron en las células corticales, formándose una agalla a las 72 h. Las células gigantes se formaron cuatro días después de la invasión.

Sancho *et al.* (1987) indicaron que en plantas de arroz inoculadas con el nematodo agallador *M. salasi* los síntomas se presentaron como clorosis de las hojas, achaparramiento,

falta de vigor, necrosis foliar y poca formación de macollas. Los nódulos formados por el ataque se localizaron en los ápices de las raíces, lo que impidió su posterior elongación y promovió la formación de raíces secundarias originadas del lado convexo de los nódulos.

2.5 Consideraciones básicas para el manejo y control de los fitonematodos.

El conocimiento de las relaciones ecológicas entre los fitonematodos y su medio ambiente es fundamental para el buen entendimiento de los principios sobre su manejo y control (National Academic of Science 1989).

En los suelos agrícolas la densidad poblacional de cualquier nematodo fitoparásito, dependerá de su capacidad reproductiva, especies de plantas hospedantes y duración del periodo en el cual el ambiente presenta características favorables para su reproducción.

Los factores ambientales que más influencias ejercen sobre la densidad de población de los fitonematodos en el suelo son:

2.5.1 Temperatura

La temperatura afecta el movimiento, reproducción, desarrollo y supervivencia de los nematodos fitoparásitos al igual que al hospedante.

En general casi todos los nematodos fitoparásitos de plantas se tornan inactivos en ámbitos de temperaturas bajas entre 5-15 °C y altas entre 30-40 °C; el ámbito óptimo oscila entre 15-30 °C (National Academic of Science 1989).

Van Gundy *et al.* (1967) citado por Taylor y Sasser (1983) indicaron que las larvas de *Meloidogyne javanica* emergen del huevo con una reserva alimenticia igual a un tercio de su peso corporal. A 15 °C, cerca de la mitad de esta se pierde entre cuatro y 16 días en almacenamiento; y todavía esta se pierde después de 16 días a 30 °C, cuando la larva ya no es móvil e infectiva.

Santo y O'Bannon (1981) sostienen que la temperatura del suelo tiene un marcado efecto sobre la patogenicidad y reproducción de nematodos agalladores. Las especies *M. hapla* y *M. chitwoodi* afectaron el crecimiento radical de plantas de papa a 15-25 °C, pero no a 30 °C. La mejor reproducción de *M. chitwoodi* se observó entre 15-25 °C, mientras que para *M. hapla* esta ocurrió entre 25-30 °C.

O'Bannon y Santo (1984) indicaron que *M. chitwoodi* es una especie más dominante que *M. hapla* y que tal dominancia era atribuída a su habilidad para reproducirse en un amplio ámbito de temperatura. Estos autores indican que en el noreste de los Estados Unidos las temperaturas del suelo son variables, pero generalmente oscilan a través del año dentro de los límites infectivos y de desarrollo de *M. chitwoodi*, más no siempre dentro del ámbito de *M. hapla*.

Griffin (1985) sostiene que la temperatura del suelo durante la época de crecimiento de la papa, afecta el parasitismo de *M. chitwoodi* más que la población inicial del nematodo.

2.5.2 Humedad

La fluctuación de la humedad del suelo debida a la lluvia o al riego, influye en los aumentos de población de los fitonematodos. En suelos secos puede disminuir la densidad poblacional del nematodo agallador, ya que las condiciones de estrés hídrico inhiben su actividad, aunque los huevos de la mayoría de los fitonematodos sobreviven (National Academic of Sciences 1989).

Las especies de *Meloidogyne* dependen del agua en el suelo para continuar su vida y todas sus actividades. Con bajo contenido de agua se inhibe la emergencia, porque algo

del agua de los huevos es extraída y el movimiento de los juveniles es más difícil debido a la ausencia de películas delgadas de agua sobre las partículas de suelo. En suelos muy húmedos la emergencia puede inhibirse y el movimiento disminuye por falta de oxígeno (Taylor y Sasser 1983).

2.5.3 Textura del suelo

La textura del suelo la constituye el tamaño de las partículas que lo forman. Las larvas de los fitonematodos tienen que moverse a través de los poros del suelo. Por lo tanto, la velocidad de movimiento de éstos dentro del suelo está relacionado con el diámetro de los poros. Un nematodo no se puede mover entre las partículas de tierra, cuando los diámetros de los poros son menores que la anchura de su cuerpo. En general, suelos con humedad intermedia, poseen la suficiente aireación y películas de agua para que los nematodos tengan un movimiento eficiente (National Academic of Sciences 1989, Taylor y Sasser 1983).

2.6 Uso de fertilizantes y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el manejo y control de fitonematodos

Los problemas ambientales asociados con el uso de nematicidas ha promovido la urgente necesidad de buscar otras opciones ecológicamente sostenibles de manejo de los fitonematodos. El suelo que suprime la multiplicación de

de nematodos, usualmente alberga un ámbito de enemigos naturales que atacan a su hospedante en diferentes estados de su ciclo de vida. Cada uno puede matar relativamente pocos nematodos, pero el efecto combinado de varios enemigos, puede prevenir el incremento de poblaciones de fitonematodos (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987).

Un ámbito amplio de enmiendas al suelo han sido probadas por su efectividad en el control de poblaciones de fitonematodos (Muller y Gooch 1982, Rodríguez-Kabana *et al.* 1987).

La adición de materia orgánica al suelo, estimula la actividad microbial tan evidenciada por los incrementos poblacionales de actinomicetos, algas, bacterias, hongos y otros organismos, tales como nematodos microbívoros y microartrópodos (Rodríguez-Kabana *et al.* 1965, Mian *et al.* 1982, Muller y Gooch 1982, Rodríguez-Kabana *et al.* 1987 y Kerry 1990). La proliferación de estos microorganismos, favorece el aumento de la actividad enzimática de los suelos enmendados y la acumulación de compuestos y productos finales específicos, los cuales pueden ser nematóxicos (Dropkin 1980, Stirling 1981).

La magnitud de la estimulación microbial y la naturaleza cualitativa de la respuesta microfloral, depende de la naturaleza de la materia orgánica adicionada. La

efectividad de una enmienda dada para la supresión de los nematodos, deriva de su composición y las especies de microorganismos que se desarrollan. Las enmiendas orgánicas más efectivas para el manejo de nematodos son aquellas con una baja proporción de la relación C:N y alta proteína o contenido de amina (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987).

Las enmiendas orgánicas adicionadas al suelo a una dosis de 1 % (p/p) hacen que exista una relación directa con el contenido de nitrógeno e inversa con el valor de la proporción C:N. Las enmiendas con valores materiales de C:N entre 15-20 resultan efectivas contra los fitonematodos. Mientras que aquellas con valores más bajos causan fitotoxicidad. Sin embargo, aunque la amonia y las enmiendas orgánicas con baja proporción C:N sean nematicidas, las cantidades requeridas de estos materiales para obtener un control consistente en el campo son grandes. Por ejemplo, la urea es un buen nematicida cuando se aplica en cantidades excesivas de 150 kg de N/ha. Este compuesto también suprime varias especies de nematodos, incluyendo *Meloidogyne* spp., al aplicarse por encima de 300 kg de N/ha. (Mian y Rodríguez-Kabana 1982b, Rodríguez-Kabana 1986). Asimismo, fuentes adicionales de C, deberán suministrarse con la urea para permitir que los microorganismos del suelo, metabolicen el exceso de N y se eviten efectos fitotóxicos, debido a las acumulaciones de nitratos y N amoniacal (Rodríguez-Kabana y King 1980).

2.6.1 Fertilizantes

La aplicación de fertilizantes nitrogenados como la urea a concentraciones de 0.4 g/kg o superiores, redujeron significativamente el número de nódulos/g de raíz de calabacín (*Cucurbita pepo*) causadas por *Meloidogyne arenaria*. Estos tratamientos, favorecieron la acumulación de nitratos, el N amoniacal y aumentaron la conductividad de extractos acuosos del suelo. No obstante ejercieron efectos fitotóxicos en las plantas. La incorporación de la urea con melaza de caña al suelo permitió un mejor control del nematodo y evitó la acumulación de compuestos fitotóxicos (Rodríguez-Kabana y King 1980).

La aplicación de algunos fertilizantes minerales tales como 6-12-12 (2.25-9.0 t/ha), nitrato de amonio (33.2 % de N) y superfosfato triple (46% de P_2O_5) reducen la severidad de agallas radicales en tomate cuando son aplicados a suelos infectados con *Meloidogyne incognita* (Johnson 1971).

2.6.2 Sulfuro de hidrógeno (H_2S)

Las poblaciones de *Tylenchorhynchus martini* se ven reducidas en arrozales bajo inundación, debido a que posterior al anegamiento sobreviene un estado anaeróbico del suelo, el cual hace incrementar la concentración del H_2S en

la fase acuosa del suelo. El efecto de este compuesto y su patrón de ocurrencia en campos de arroz, sugiere que puede ser un factor significativo en la etiología y control de ciertas enfermedades de las plantas (Rodríguez-Kabana *et al.* 1965).

La actividad de las bacterias reductoras de sulfato en campos de arroz hacen disminuir las poblaciones de *Hirschmaniella oryzae*. Estas bacterias son organismos estrictamente anaeróbicos, por lo que su actividad se incrementa con la inundación de los campos de arroz y los sulfuros solubles que producen (Jacq y Fortuner 1979).

2.6.3 Tortas de aceites

El uso de enmiendas a base de tortas de aceite de margosa, ricino y maní aplicados a razón de 0.2% (p/p) tres semanas antes de la siembra, reducen significativamente la intensidad de raíces agalladas de okra y tomate atacados por *M. javanica*. A nivel de campo, dosis de 1.8 t/ha de cualquiera de estos aceites, evidenció mejor crecimiento vegetal y una reducción significativa del agallamiento radical (Singh y Sitaramaiah 1966).

Enmiendas de tortas de aceite de algodón y maní aplicadas al suelo redujeron el agallamiento radical en calabacín. La reducción del agallamiento dependió de la

cantidad de enmienda añadida. Niveles mayores que 0.4% (p/p) eliminaron el agallamiento (Mian y Rodríguez-Kabana 1982a).

2.6.4 Estiercol avícola (Gallinaza)

La gallinaza tiene un notable potencial para el control de nematodos agalladores, con ella el crecimiento y el rendimiento de frutos de tomate se incrementa y la severidad del ataque de nematodos disminuye (Chindo y Khan 1990).

El estiercol de palomas y la gallinaza son altamente tóxicas para los estados infectivos de los nematodo reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) y de los cítricos (*Tylenchulus semipenetrans*) debido a la liberación de los ácidos acético, propiónico y butírico; además de compuestos fenólicos que ejercen un efecto nematóxico (Badra *et al.* 1979).

2.6.5 Enmiendas quitinosas

La quitina es un polímero de N-acetilglucosamina, el cual es uno de los polisacáridos más comunes en la naturaleza, existiendo casi tan abundante como la celulosa (Berkeley 1979 y Gooday 1990 citados por Stirling 1991). Este polisacárido es producido por muchos miembros, tanto del reino animal como vegetal, incluyendo a la inmensa mayoría de los hongos, algunas algas, protozoarios y muchos

animales marinos. Además es un constituyente importante de la pared celular o tejido estructural (exoesqueleto) de insectos, crustáceos, hongos y otros organismos (Muzzarelli 1977 citado por Rodríguez-Kabana *et al.* 1987). Sin embargo hasta ahora se conoce que la quitina no es sintetizada por las plantas vasculares.

En la capa media de la cáscara de los huevos de los Tylenchidos, la quitina es un componente permanente (Bird y McClure 1976 citados por Spiegel *et al.* 1986, Stirling 1991). Existe también evidencia de que la quitina puede estar presente en la matriz gelatinosa que envuelve la masa de huevos de *Meloidogyne* spp. (Spiegel y Cohn 1985).

Las enmiendas quitinosas aplicadas al suelo son efectivas para el control de los fitonematodos (Mankau y Das 1969, Mian *et al.* 1982, Godoy *et al.* 1983, Rodríguez-Kabana *et al.* 1984, Spiegel *et al.* 1986). La adición de quitina al suelo estimula la microflora capaz de descomponer el polímero en quitobiosa y N-acetil-glucosamina. Este fomento de la actividad microbial produce la desaminación del azúcar y acumulación de nitritos y nitratos (Rodríguez-Kabana *et al.* 1983).

De mucha importancia ha sido la demostración de la relación que existe entre la capacidad de los hongos quitinolíticos y su habilidad para destruir huevos de

nematodos. Godoy *et al.* (1983) encontraron que los tratamientos con quitina a concentraciones de 0.2% (p/p) redujeron el número de agallas provocadas por *M. arenaria* en calabacín (*C. pepo*). La especie fungosa más predominante en el estudio fue *Malbranchea aurantica* (Sigler y Carmichael) en estudios *in vitro* demostró ser un parásito de huevecillos de *M. arenaria* (Culbreath *et al.* 1984).

La incorporación de quitina de crutáceos (0.5-4.0% p/p) al suelo, reduce las poblaciones de *Heterodera glycines* (Ichinoche), tanto en el suelo como en las raíces de soya (*Glycine max* Merr.). Los números totales de hongos y actinomicetos quitinolíticos en el suelo ocho semanas después de la incorporación del polisacárido, aumentaron de manera no lineal en proporción a la cantidad de quitina en el suelo (0-3% p/p). Muchas de las especies fungosas de los suelos enmendados, eran parásitos reconocidos de huevos de nematodos en los géneros *Globodera*, *Heterodera* o *Meloidogyne* (Godoy *et al.* 1983, Rodríguez-Kabana *et al.* 1984). El hongo *Monacrosporium lysipagum* (Drechs) Subram. fue encontrado por Esser (1983) parasitando larvas de *M. acrita* en calabacín (*C. pepo*).

Algunos parásitos de huevos de nematodos se consideran que producen metabolitos que afectan el desarrollo embrional y la eclosión (Jatala 1986).

Las rizobacterias son otros organismos con potencial para el control biológico de nematodos agalladores. Más de 5000 bacterias aisladas de la rizosfera de diferentes plantas, producen compuestos detectables que afectan la vitalidad de los segundos estadios juveniles de *M. incognita* (Becker *et al.* 1988).

2.7 Adición de agentes antagonistas y otros desechos orgánicos para aumentar la efectividad de las enmiendas

Para seleccionar antagonistas microbiales específicos, las enmiendas pueden ser modificadas mediante la adición de inóculos del hongo *Paecilomyces lilacinus* junto con la quitina a un suelo infestado con *M. arenaria*. El efecto de la adición del hongo a la quitina disminuyó el número de agallas/g de raíz y el número de larvas/g de raíz ocasionadas por el nematodo en plantas de tomate (Culbreath *et al.* 1986).

Los suelos de plantaciones de tomate infestadas con *M. javanica* mostraron una reducción de segundos estadios juveniles del nematodo, cuando se les incorporó *Pseudomonas quitinolítica* (Spiegel *et al.* 1991).

La incorporación del hongo nematófago *Arthrobotrys conoides* reduce la reproducción e incidencia de agallamiento

radical provocado por *M. incognita* en maíz (Al-Hazmi *et al.* 1982).

Las coberturas de alfalfa y soya inhiben la eclosión de huevos de *M. incognita* en suelos infestados (Johnson y Shamiyeh 1975).

La quitina, residuos y mezclas celulósicas reducen las poblaciones de *Tylenchorhynchus dubius* y *Pratylenchus penetrans* (Miller *et al.* 1973). Asimismo, la adición de materiales ligno-hemicelulósicos y desechos de la industria papelera junto con quitina de crustáceos (0-2% p/p) incrementa el efecto de la quitina contra los fitonematodos (Culbreath *et al.* 1985).

2.8 Enmiendas quitinosas obtenidas de caparazones de cangrejos para el control de fitonematodos

Los compuestos Clandosan 601 y Clandosan 719, materiales quitinosos obtenidos a partir del cangrejo azul (*Caltinectes sapidus*), redujeron la incidencia de *M. arenaria* en calabacín y tomate cuando se aplicaron en dosis superiores a 10g/kg (Rodríguez-Kabana *et al.* 1989). El mismo compuesto (0.4% p/p) redujo el número de quistes de *Heterodera avenae* en un 51% en trigo. En cítricos disminuyó la población de *Tylenchulus semipenetrans* en un 50-90% al

aplicarlo al suelo a concentraciones de 0.2% (p/p) (Spiegel *et al.* 1989).

La mezcla de Clandosan más harina de torta de soya y urea (2-4 g/kg de suelo) es eficaz para reducir el agallamiento causado por *M. arenaria* en calabacín (Rodríguez-Kabana *et al.* 1990). Por otro lado, una enmienda constituida por aserrín de ciprés (*Taxodium districhum*) y Clandosan mostró efectos negativos sobre la reproducción de *M. javanica* en tomate, además de disminuir el índice de agallamiento (Rich y Hodge 1993).

2.9 Consideraciones importantes sobre el uso de enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para la supresión de fitonematodos

La aplicación de enmiendas orgánicas y el uso de nematicidas comerciales para el manejo de poblaciones de fitonematodos, difiere en varios aspectos. La cantidad de material orgánico adicionado en el caso de las enmiendas es en cientos de kg/ha, mientras que los nematicidas son usados a niveles muy bajos. Sin embargo a diferencia de los nematicidas comerciales, el efecto de las enmiendas orgánicas sobre la microflora del suelo, puede durar por varios meses e influir en más de un cultivo (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987). Este fenómeno si es comprendido

y explotado correctamente, puede ser ventajoso en la producción de cultivos.

El efecto a largo plazo de las enmiendas orgánicas contra los nematodos son en parte atribuibles al establecimiento de una alta población de microorganismos antagonistas. Es menester que tales microfloras seleccionadas, sean mantenidas a través de adiciones periódicas de las enmiendas apropiadas a fin de suprimir las poblaciones del nematodo por períodos sostenidos.

Las enmiendas orgánicas efectivas aumentan el estado nutricional del suelo para las plantas, sirviendo como abonos. El contenido de nutrientes de las enmiendas y las grandes cantidades de estos materiales adicionados al suelo resultan en el incremento de la actividad biológica. Tales actividades pueden conducir a cambios significativos en la composición microbial. Los cambios pueden ser delétereos o benéficos para las plantas cultivadas. Por ejemplo, una considerable fitotoxicidad está asociada con la baja proporción C:N en la materia orgánica (tortas de aceite, estiercol animal) en el suelo (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987).

El efecto adverso, puede provenir de la acumulación de sales o especies iónicas (nitritos, nitratos, amonía) o del desarrollo de microorganismos patógenos. Tales problemas en

muchos casos pueden ser evitados por la modificación de las enmiendas (aumento de la proporción C:N) o por la adición de organismos específicos y antagónicos a los fitopatógenos que a su vez puedan colonizar y desarrollarse sobre la enmienda. El efecto de cualesquiera de estas modificaciones es esencial para tener un conocimiento adecuado de los procesos microbiales involucrados en la descomposición de la materia orgánica.

Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones (1987) en sus estudios con enmiendas quitinosas aplicadas al suelo, encontraron otros beneficios adicionales con el uso de este tipo de enmiendas. Estos autores observaron que los suelos tratados con las enmiendas se volvieron supresivos al hongo *Sclerotium rolfsii*. La germinación de esclerocios de este patógeno fue reducida significativamente y en relación directa a la cantidad del polímero adicionado. Los esclerocios no germinados fueron encontrados colonizados por especies de bacterias quitinolíticas. Aparentemente la microflora seleccionada por la enmienda quitinosa fue efectiva no solo contra el nematodo agallador sino que también contra un hongo que contenía quitina en su micelio.

Por lo tanto, es posible que la selección de una microflora quitinolítica pueda resultar supresiva para organismos que contengan quitina en cualquier estructura expuesta. Agregan además que las enmiendas aplicadas al

suelo a menudo han sido efectivas contra los nematodos en algunos campos, pero en otros no. Esto se debe a que las propiedades físicas y químicas del suelo y la influencia de la enmienda sobre la microflora de éste no puede esperarse que sea la misma para todas las localidades (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987). También el pH y la capacidad amortiguadora del suelo puede influenciar directamente sobre la efectividad de las enmiendas quitinosas contra los nematodos. Los suelos ácidos típicos del sudeste de los EE.UU. (pH: 5.5-6.5) (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987) requieren cantidades mayores de quitina para obtener un control de nematodos satisfactorio que los suelos neutro-alcalinos de Israel (pH: 7.4) (Spiegel *et al.* 1986).

La información disponible sobre el uso de enmiendas orgánicas para el control de fitonematodos en el suelo, indica que esta es un área promisoría para el desarrollo de nuevas prácticas de manejo de estos organismos. A través del mundo hay disponibles numerosos tipos de materiales de desechos que podrían ser considerados para usarse como enmiendas del suelo.

En la actualidad es evidente que una gran parte del conocimiento generado, aún carece del buen entendimiento acerca del modo preciso de acción de las enmiendas orgánicas sobre los nematodos y otros patógenos vegetales del suelo. Cada tipo de enmienda y ambiente en las cuales son usadas,

representan una nueva situación que debe ser definida en términos de especies microbiales y procesos bioquímicos involucrados en la descomposición de las enmiendas.

Los desechos orgánicos en muchos casos plantean problemas para encontrar métodos de eliminación consistentes con prácticas ecológicas razonables. Deberá ser posible el desarrollo de tecnologías que permitan la utilización de estos materiales de desecho en la manufactura de productos que puedan utilizarse para el control de fitonematodos en el suelo (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987).

2.10 Búsqueda de plantas hospedantes resistentes (PHR) a las especies de *Meloidogyne*

El uso de variedades de plantas resistentes para el control de los fitonematodos es potencialmente el método más efectivo y económico en los países en desarrollo (Taylor 1968a, National Academic of Sciences 1989).

En lo referente a resistencia a nematodos, el uso extensivo de cultivares resistentes ha mostrado hasta ahora que esta alternativa de control tiene una longevidad indefinida. La posibilidad de rápido desarrollo y amplia distribución de biotipos de las especies de *Meloidogyne* que rompan la resistencia, ha permanecido como una posibilidad

remota y tales biotipos no han sido encontrados a gran escala en campos agrícolas (Taylor y Sasser 1983).

El potencial de las PHR es enorme, debido al aumento y acceso a colecciones de germoplasma vegetal que contienen genes para resistencia a los fitonematodos. La necesidad por avanzar en el desarrollo de resistencia es críticamente importante por dos razones: 1) porque en los países menos desarrollados de las regiones tropicales y subtropicales, el uso de variedades resistentes puede ser la única alternativa de manejo económicamente práctica, alrededor de la cual otras estrategias de apoyo pueden ser integradas y 2) porque en los sistemas modernos de producción de alto consumo energético de los países desarrollados, el frecuente y confiado uso de los nematicidas químicos ha sido restringido o bien ha finalizado. Por ello, la búsqueda y selección de PHR ha sido contemplada como una opción de control primario o bien, como un elemento clave dentro de un programa de manejo integrado (Roberts 1992).

2.11 Susceptibilidad, resistencia y tolerancia

Roberts (1992) define los términos de susceptibilidad, resistencia y tolerancia de la siguiente manera:

"Susceptibilidad es la incapacidad de una planta de permitir la reproducción del nematodo".

"Resistencia es la capacidad de una planta de permitir la reproducción del nematodo".

"Tolerancia es definida como la capacidad de una planta para crecer y producir a pesar del daño provocado por el ataque del nematodo".

Según Rohde (1965) la resistencia es una serie de características de la planta hospedante, la cual actúa más o menos para el detrimento del parásito. Esta resistencia es medida en términos de la capacidad del parásito para sobrevivir y no siempre está directamente relacionada al crecimiento y rendimiento de la planta.

De acuerdo a Hare (1965) la resistencia en muchos genotipos es evidenciada por la reducción en el agallamiento radical, necrosis de las raíces apicales y reducción en el crecimiento y reproducción de los nematodos.

Una planta susceptible es aquella cuya suma total de cualidades la hacen un hospedante conveniente para el desarrollo y reproducción del patógeno (Trudgill 1991). Para este mismo autor, la resistencia describe el efecto de los genes del hospedante que restringen o previenen la multiplicación del nematodo en dicho hospedante; mientras que la tolerancia la define como la capacidad del genotipo

de un hospedante para resistir y/o recuperarse de los efectos dañinos del ataque del nematodo y producir bien.

La resistencia a las especies de *Meloidogyne* puede definirse como una característica o conjunto de características de las plantas que inhiben la reproducción de una o más especies de *Meloidogyne*. Para tener valor en el control práctico del nematodo del nódulo de la raíz, un cultivar resistente debe prevenir una gran proporción de la reproducción, generalmente 90% o más en comparación con los cultivares susceptibles de la misma especie (Taylor y Sasser 1983).

2.12 Logros obtenidos con plantas hospedantes resistentes (PHR) a los fitonematodos

Los nematólogos en colaboración con los fitogenetistas han desarrollado plantas de algodón, frijol caupí, tabaco, frijol lima, soya, pimiento, tomate, uva, etc. resistentes a los nematodos causantes de agallas radicales (*Meloidogyne* spp.). Asimismo, plantas de papa resistentes al nematodo dorado (*Heterodera rostochiensis*), cebada al nematodo de la raíz (*H. major*), soya al nematodo del quiste (*H. glycines*), cítricos al nematodo de los cítricos (*Tylenchulus semipenetrans*) y maíz al nematodo del raquitismo (*Tylenchohrynychus claytoni*) (National Academic of Sciences 1989).

La densidad poblacional de *M. incognita* se ve afectada al utilizar diferentes variedades de frijol caupí (Gallaher y McSorkey 1993). Una práctica común en la producción de soya en Florida es el uso de variedades resistentes a *Meloidogyne* spp. (García y Rich 1985).

El número de huevos/masa, el desarrollo y la fecundidad de *Meloidogyne* spp. se afectan al usar diferentes variedades de espárrago. Esto debido a la acción del ácido esparragúsico (Esmenjaud *et al.* 1990).

La tasa de reproducción de *M. incognita* se ve afectada por distintos genotipos de soya, éstos alteran la fecundidad de las hembras del nematodo. El estrés ambiental y nutricional desfavorable para las hembras, indujo el desarrollo de sólo machos, esto indicó que la soya no es un hospedante conveniente para el nematodo (Moura *et al.* 1993).

El trigo (*Triticum aestivum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*) mostraron diferencias en la reproducción de *M. chitwoodi*, atribuyéndose éstas a variaciones genéticas del hospedante sobre la actividad metabólica y reproductiva del patógeno (Griffin 1992).

La alta proporción de raíces fibrosas en el sistema radical de híbridos interespecíficos de *Trifolium* spp. y especies relacionadas al trébol blanco fueron indicadores de

mecanismos de tolerancia a *M. incognita* (Pederson y Windham 1989).

En distintas variedades de espárrago se encontraron diferentes índices de reproducción entre varias especies y razas patogénicas de *Meloidogyne*, evidenciándose con esto que el hospedante influye sobre el comportamiento y desarrollo del patógeno (Dudask y Barker 1982).

2.13 Métodos para determinar la resistencia del hospedante a las infecciones del nematodo agallador *Meloidogyne* spp.

La cantidad de agallamiento radical (número de agallas/raíz) provocada por *M. graminicola* se ha utilizado como un índice para clasificar la resistencia del hospedante en 26 variedades de arroz (Yik y Birchfield 1979). Asimismo, la proporción (%) del sistema radical con nódulos en arroz es otro criterio usado para distinguir entre genotipos susceptibles y resistentes (Babatola 1980).

En alfalfa, el número de agallas y el índice de agallamiento radical son muy útiles para predecir la reproducción de *M. incognita* (Bouton *et. al* 1989).

Sin embargo, MacGuidwin *et al.* (1987) determinaron que en cebolla (*Allium cepa*) el número de raíces agalladas no refleja precisamente la densidad poblacional de *M. hapla*,

siendo la fenología del cultivo el factor limitante de la población del nematodo.

Se han encontrado relaciones positivas entre la población inicial de *M. hapla* en el suelo con la formación de agallas en plantas jóvenes de kiwi (*Actinidia deliciosa*) (Philippi y Budge 1992).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Evaluación de nematicidas y enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control del nematodo agallador *Meloidogyne salasi* en el cultivo de arroz var. Oryzica 1.

3.1.1 Localización del estudio

El experimento se realizó durante la estación seca en los meses de enero a mayo de 1993, bajo condiciones de campo en la finca Santa Rita, propiedad de la empresa Central de Granos de Coclé (CEGRACO) del grupo Corporación Agroindustrial la Estrella, S.A: (CALESA), localizada en el distrito de Santa María, Herrera, República de Panamá.

El estudio se realizó en el campo 825 de la finca, anteriormente cultivada con arroz var. Oryzica 1, con una superficie de 24 ha y antecedentes de daños por *M. salasi*. El nivel de infestación requerido para el estudio fue de un juvenil de segundo estadio/cc de suelo². Para localizar el área con este nivel de infestación se realizaron muestreos previos usando el método de muestreo reticulado (Steel y Torrie 1985, Ferreira 1993). Se utilizaron estratos de 120 m X 120 m (1.44 ha) y las muestras se tomaron cada 20 m en puntos de 15 y 25 cm de profundidad.

² CANDANEDO, E. Nivel crítico poblacional de daño para el cultivo de arroz. IDIAP, Panamá.

El total de submuestras fue de 36. Estas se homogeneizaron y mezclaron para obtener una muestra compuesta. Se analizaron en el laboratorio de Nematología del IDIAP mediante el método de extracción flotación-centrifugación descrito por Jenkins (1964).

Una vez localizado el nivel de infestación requerido dentro de los estratos muestreados, se intensificó el muestreo dentro de dicho estrato, tomando las muestras en un sector de 10 X 10 m sin mezclarlas para el respectivo análisis.

El estudio incluyó análisis físico-químicos del suelo y análisis químico de las enmiendas.

La preparación del suelo y prácticas culturales fueron similares a las realizadas por la empresa CEGRACO (Anexo 1). Se utilizó la variedad de arroz Oryzica 1, en la cual se encontró daños del 50% en las áreas de producción de esta empresa. Esta variedad se sembró al voleo a razón de 2.5 qq/ha.

3.1.2 Descripción de la unidad experimental y tratamientos

Las unidades experimentales consistieron de parcelas de 10 m X 4 m (40 m²) en cuyos límites se levantaron muros de 0.30 m de altura para simular melgas y reducir la posible interacción entre tratamientos.

Los tratamientos utilizados aparecen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos y dosis utilizadas para el control del nematodo agallador *M. salasi* en el cultivo de arroz var. Oryzica 1. Panamá, 1993.

Tratamientos	Dosis
Testigo absoluto	-
Terbufos 10 G ^a	2.5 Kg i.a./ha
Ethoprop 15 G ^b	3.0 Kg i.a./ha
Ethoprop 15 G	6.0 Kg i.a./ha
Gallinaza ^c	4.0 t/ha
Gallinaza	8.0 t/ha
Gallinaza	12.0 t/ha
Gallinaza	16.0 t/ha
Quitina ^d	150.0 Kg/ha
Quitina	250.0 Kg/ha
Quitina	350.0 Kg/ha
Quitina	450.0 Kg/ha

^a Práctica común para el control de nematodos utilizado por la empresa CEGRACO.

^b Mocap 15G

^c Estiercol de gallinas ponedoras

^d Caparazones de camarones (seco y molido)

La gallinaza fue obtenida en fincas avícolas de la zona. La quitina se obtuvo de los desechos de caparazones (exoesqueleto) de camarones, provenientes de plantas procesadoras y empacadoras de este crustáceo. Este material

fue secado al sol sobre pisos de cemento. Su naturaleza quebradiza fue indicador del óptimo secado. Después se molieron en un molino de martillo y cernidos a través de un tamiz (malla 10-20) hasta lograr un tamaño de partícula fina. Muestras para el análisis químico de esta enmienda fueron enviadas a la Universidad de Bielefeld, Alemania.

3.1.3 Diseño experimental

Los doce tratamientos fueron dispuestos en un diseño en bloques al azar (DBA) (Little y Hills 1979, Steel y Torrie 1985), con cuatro repeticiones. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = observación en el tratamiento i y el bloque j

μ = promedio general

τ_i = efecto de tratamientos

β_j = efecto de bloque (heterogeneidad de la población del nematodo y fertilidad en el suelo)

ϵ_{ij} = error experimental

3.1.4 Variables evaluadas

1. Población inicial (P_i) de *M. salasi* en el suelo, antes de la aplicación de los tratamientos.

2. Población de *M. salasi* en el suelo a los 30, 60, 90 y 120 días después de germinado (ddg) el arroz.

3. Índice de agallamiento radical: se tomaron 20 plantas al azar, lavándoseles cuidadosamente el sistema radical hasta liberarlo de toda partícula de suelo. Se utilizó la escala de Babatola (1980) para estimar dicho índice (Anexo 2).

4. Población final (P_f) de *M. salasi* (huevos y juveniles de segundo estadio (J2)) en raíces.

5. Número promedio de panículas/m²: se contaron las panículas contenidas dentro de un marco de 0.5 m X 0.5 m (0.25 m²), el cual se lanzó al azar dos veces/tratamiento.

6. Número promedio de granos totales/panículas (n=8 panículas tomadas al azar).

7. Número promedio de granos llenos/panículas (n=8 panículas tomadas al azar).

8. Número promedio de granos vanos/paniculas (n=8 paniculas tomadas al azar).

9. Rendimiento bruto de campo (arroz húmedo + impurezas).

10. Porcentaje de humedad del grano, usando un probador electrónico de humedad (n=2 muestras/tratamiento).

11. Rendimiento neto de campo (arroz seco y limpio, ajustado al 12% de humedad final y 0% de impurezas).

12. Rendimiento de calidad molinera:

12.1 Rendimiento de granos enteros (%)

12.2 Rendimiento de granos 3/4 (%)

12.3 Rendimiento de arrocillo (%)

Para la extracción de los nematodos de suelo y raíces se utilizaron los métodos descritos por Jenkins (1964), Hussey y Barker (1973) y Niblack y Hussey (1985).

Los conteos de huevos y J2 de *M. salasi* se realizaron bajo el microscopio compuesto (objetivos 4X y 10X).

3.1.5 Análisis estadístico y económico de los datos

La población inicial (P_i) fue considerada como covariable. Se recurrió a técnicas de transformación (Little y Hills 1979, Steel y Torrie 1985), para el análisis de varianza (ANAVA) de algunas variables. Las medias se compararon a través de la prueba de rango múltiple de Duncan. Contrastes ortogonales se realizaron entre los tratamientos.

Las transformaciones utilizadas fueron:

Variable	Transformación
J2/100 cc de suelo	$\log_{10} (X+1)$
% de agallamiento	$\sqrt{X+0.05}$
Huevos/50 g raíces	$\log_{10} (X+1)$
J2/50 g raíces	$\log_{10} (X+1)$
Paniculas/m ²	$\log_{10} (X)$
Granos llenos/panícula	$\log_{10} (X)$
Granos vanos/panícula	$\log_{10} (X)$
Granos totales/panícula	$\log_{10} (X)$
% Humedad-grano	$\log_{10} (X)$
% Granos enteros	$\log_{10} (X+1)$
% Granos 3/4	$\log_{10} (X+1)$
% Arrocillo	$\log_{10} (X+1)$

El análisis económico de los tratamientos se realizó mediante la técnica de presupuestos parciales propuesta por el CIMMYT (1988) y Calvo y Simán (1992).

El análisis económico de los tratamientos se realizó mediante la técnica de presupuestos parciales propuesta por el CIMMYT (1988) y Calvo y Simán (1992).

3.2 Evaluación de resistencia varietal contra el nematodo agallador *M. salasi* en 40 genotipos de arroz

3.2.1 Localización del estudio

El experimento se desarrolló bajo condiciones de invernadero ($T \pm 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$) en el Centro de enseñanza e Investigación Agropecuaria de Tocumen (CEIAT) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá. El período de estudio fueron los meses mayo-julio de 1993.

El suelo utilizado se obtuvo en las cercanías del río Pacora. Se realizaron análisis físicos-químicos del suelo. Se esterilizó en tinas de cemento con bromuro de metilo.

Los semilleros de arroz se prepararon utilizando el suelo descrito anteriormente y a los 7 ddg se transplantaron las plantitas a maceteros plásticos.

3.2.2 Preparación de la fuente de inóculo

La fuente de inóculo de *M. salasi* se obtuvo de raíces de arroz, provenientes de campos infestados con este nematodo, pertenecientes a la empresa CEGRACO.

Los huevos y segundos estadios juveniles (J2) fueron extraídos mediante la técnica descrita por Hussey y Barker (1973). Se preparó una suspensión conteniendo los huevos y juveniles del nematodo. Alicuotas de 2 cc se tomaron y observaron en el microscopio (4X y 10X) para cuantificar el nivel poblacional presente en el inóculo.

A los 10 días del trasplante, cada genotipo fue inoculado con una alicuota, cuyo nivel poblacional inicial (P_1) fue de 5000 huevos y J2 de *M. salasi*/macetero.

3.2.3 Descripción de la unidad experimental y tratamientos

La unidad experimental consistió de maceteros de 2.43 l (0.64 gal) de capacidad. Los tratamientos aplicados fueron 40 genotipos de arroz, procedentes del Instituto Internacional de investigación en Arroz (IRRI), los cuales se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Genotipos de arroz (*Oryza sativa*) procedentes del IRRI para evaluación de resistencia a *M. salasi* en Panamá.

Au 720	Au 14367	Au 24096	Au 59503
Au 5324	Au 16554	Au 25891	Au 66906
Au 5405	Au 16574	Au 26011	Au 66996
Au 7689	Au 16677	Au 39158	Au 66998
Au 8343	Au 18025	Au 42103	Au 70916
Au 9026	Au 19325	Au 43287	Au 72529
Au 11627	Au 19464	Au 50634	Au 75205
Au 13671	Au 19642	Au 52856	Au 76299
Au 13705	Au 19643	Au 53047	Au 76301
Au 13737	Au 19645	Au 55405	Au 76303

Au= Australia (Watanabe *et al.* 1992).

3.2.4 Diseño experimental

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar (DCA) (Little y Hills 1979, Steel y Torrie 1985, Cochran y Cox 1990), con tres repeticiones. El modelo estadístico para este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = observación en el tratamiento i y la repetición j

μ = promedio general

τ_i = efecto de tratamientos

ϵ_{ij} = error experimental

Todas las plantas de arroz se fertilizaron a los 15 días después del transplante con la solución nutritiva Nutrex (20 N-20 P₂O₅-20 K₂O) a razón de 30 g/gal de agua.

A los 55 días después de la inoculación se extrajeron los huevos y juveniles del nematodo, tanto del suelo como de las raíces. Para ello, todo el suelo contenido dentro del macetero fue vertido dentro de un recipiente. El sistema radical se lavó sobre cribas de 120 y 400 mallas. El suelo recolectado en ambas cribas fue transferido al recipiente inicial, agregándosele 500 cc de agua para homogeneizarlo y

formar un lodo cuyo volumen fue estimado con la ayuda de un cilindro graduado.

De dicho cilindro, se extrajo una alícuota de 250 cc para procesarla con la técnica propuesta por Jenkins (1964) para la extracción de nematodos.

Las raíces limpias se observaron visualmente para calificarles el índice de agallamiento de acuerdo a la escala de Babatola (1980). Posteriormente se pesaron y procesaron siguiendo los métodos descritos por Hussey y Barker (1973) y Niblack y Hussey (1985).

Las suspensiones acuosas conteniendo los huevos y J2 fueron analizadas y cuantificadas a razón de dos submuestras/tratamiento bajo el microscopio (4X y 10X) en alícuotas de 2 cc.

3.2.5 Variables evaluadas

1. Índice de agallamiento radical.
2. Población final de *M. salasi* en el suelo y raíces.
3. Peso fresco de raíces.
4. Índice de reproducción (población final/población inicial)

La población final (P_f) está expresada como el número total de huevos y segundos estadios juveniles (J2) recobrados del suelo y raíces (Hadisoeganda y Sasser 1982).

El índice de reproducción ($IR = P_f/P_i$) se define como la población final en variedades resistentes expresada como un porcentaje de la población final en una variedad susceptible (Triantaphyllou 1975).

3.2.6 Análisis estadístico de los datos

Se recurrió a la transformación de los datos $\log_{10}(X)$, $\log_{10}(X+1)$, \sqrt{X} y $\arcsen \sqrt{X/100}$ para el ANAVA. Las medias se compararon mediante la Prueba Duncan.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación de Nematicidas y Enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control del nemátodo agallador *M. salasi* en el cultivo de Arroz var. Oryzica 1.

El suelo presentó una textura franco-arcillosa muy ácido, bajos en materia orgánica y fósforo y medianos en potasio. Los contenidos de calcio, magnesio, y aluminio fueron altos, mientras que el manganeso, hierro, zinc y cobre fueron bajos (Anexo 3).

Las enmienda gallinaza y quitinosa presentaron 1.81% y 4.3% de N respectivamente. La proporción C:N en la enmienda quitinosa fue 7:1 (Anexos 4 y 5),

La densidad poblacional inicial (P_1) en el suelo fue de 1.32 segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi*/cc de suelo. Esta cifra estuvo ligeramente por encima del nivel requerido de 1.0 juvenil (J2) de *M. salasi*/cc de suelo para el establecimiento del experimento.

La figura 1 ilustra los resultados de las distintas densidades de *M. salasi*/100 cc de suelo, obtenidas con el método de muestreo sistemático-reticulado (10m x 10m). El cuadrante inferior del lado derecho, manifestó la densidad mayor de 1.32 juveniles (J2) de *M. salasi*/cc de suelo, el cual estuvo por encima del nivel requerido de 1.0 juvenil (J2) de *M. salasi*/cc de suelo. Por lo tanto fue en este

cuadrante donde se estableció el experimento. Los tres cuadrantes restantes manifestaron una densidad de *M. salasi* menor al nivel requerido para este estudio.

No hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en las densidades de población inicial (P_1) de *M. salasi* obtenidos antes de la aplicación de los tratamientos.

Por lo tanto, no fue necesario proceder al cálculo de medias ajustadas. Este hecho evidenció que la población de *M. salasi* en el área donde se estableció el experimento fue bastante homogénea. Esto probablemente se debió al método intensivo de muestreo utilizado en este estudio.

No hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los períodos de lectura y las densidades de población de J2 de *M. salasi*/100 cc de suelo en los distintos tratamientos.

La densidad de población de *M. salasi* a través de las épocas de lectura fue altamente significativa ($p \leq 0.05$), mostrando una tendencia cúbica ($r^2=0.99$) (Fig. 2).

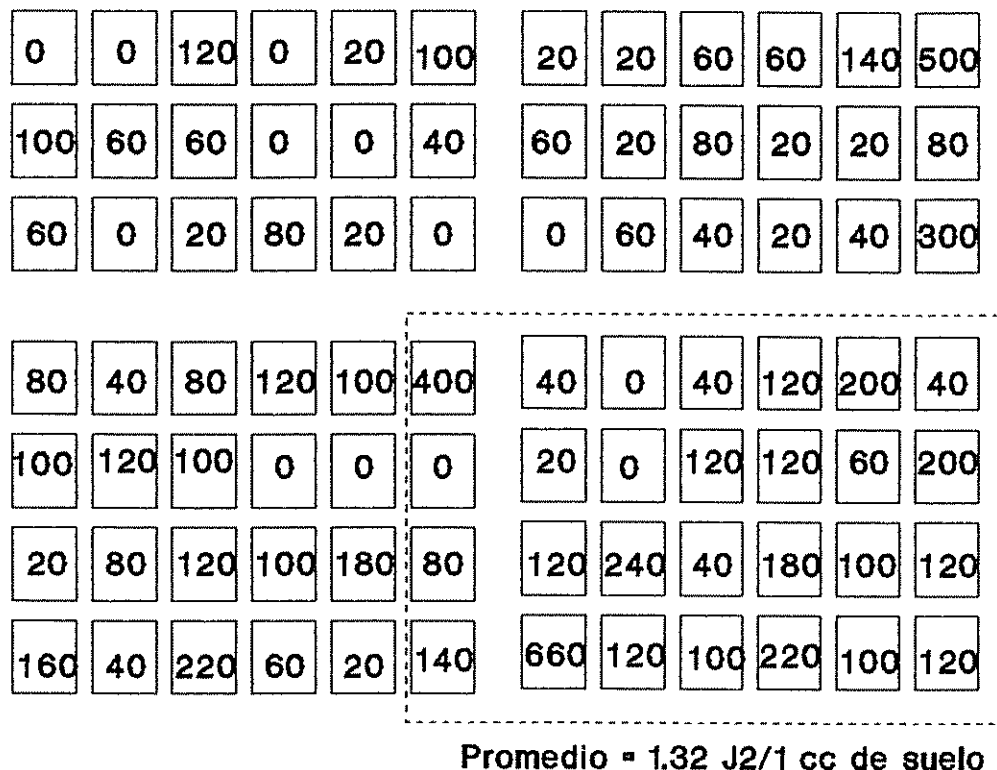


Figura 1. Muestreo sistemático reticulado en la finca Santa Rita de CEGRACO, Santa María, Herrera. Nótese la densidad poblacional promedio de 1.32 J2 de *M. salasi*/cc de suelo en el recuadro inferior derecho con líneas punteadas fue el sitio donde se llevó acabo el experimento. Los valores dentro de cada cuadro representan el total de J2 de *M. salasi*/100 cc de suelo.

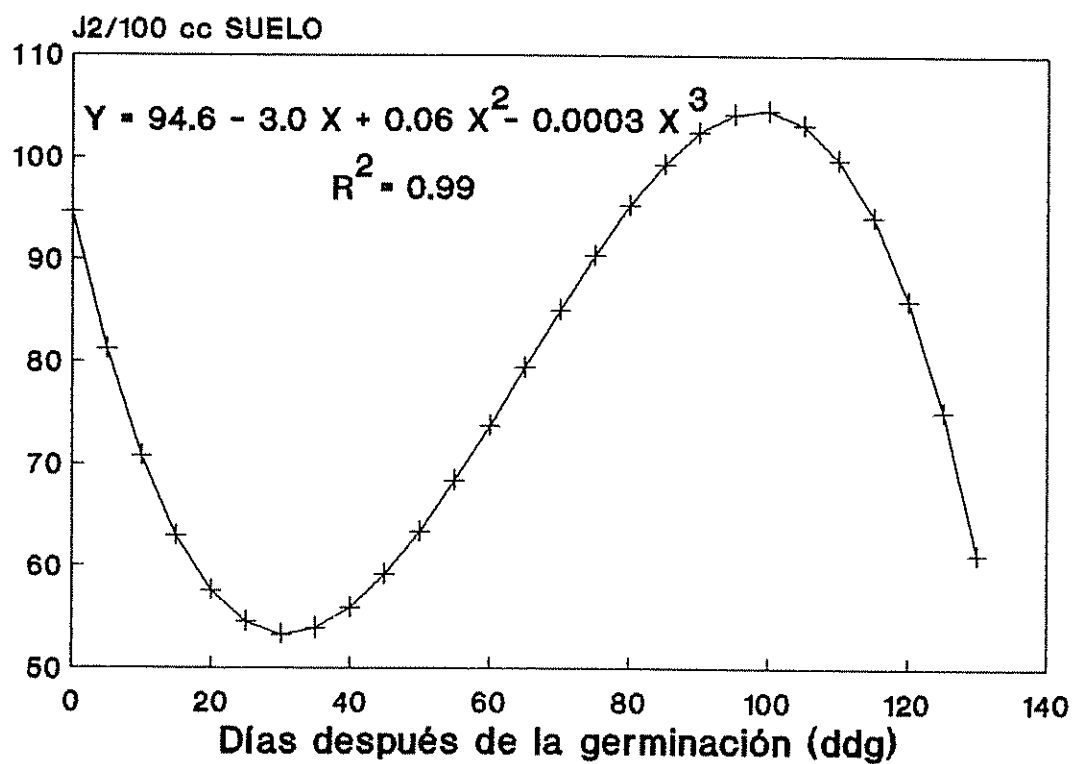


Figura 2. Población de juveniles (J2) de *M. salasi*/ 100 cc de suelo en arroz var. Oryzica 1 en función del tiempo.

En términos biológicos, esta tendencia cúbica se explicaría en que a los 0 días, época en la que aún no ha germinado el arroz (cultivo hospedante), las poblaciones de *M. salasi* declinan, debido a la ausencia de raíces o sustratos del cual alimentarse. Transcurridos ocho días aproximadamente, emergen las primeras plántulas de arroz, pero sin la suficiente cantidad de raíces para la localización e invasión del nemátodo agallador. Al término de 25 a 30 días, las plantas de arroz han desarrollado suficiente sustrato (raíces) que el nemátodo logra detectar e inicia su proceso de infección. Una vez que la planta ha sido invadida, se origina un incremento directamente proporcional entre las densidades de población del nemátodo y el aumento de desarrollo del cultivo hasta lograr el punto óptimo de madurez fisiológica a partir del cual se origina la declinación de la planta hospedante. Durante esta declinación se produce una reducción en la densidad de población del nematodo a medida que el área radicular de la planta disminuye hasta llegar al punto 0 de ausencia total del hospedante. Así, *M. salasi* queda en espera del siguiente ciclo del cultivo para reanudar su infección y repetirlo.

La densidad inicial de 95 J2 de *M. salasi*/100 cc de suelo fue obtenida cuando aún permanecían residuos de la cosecha anterior del arroz var. Oryzica 1 y 25 días antes de la siembra del experimento.

La población final (P_f) de J2 de *M. salasi*/100 cc de suelo, fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) entre los promedios de tratamiento (Cuadro 3 y Fig. 3).

Cuadro 3. Efecto de tratamientos sobre la población final (P_f) de segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi*/100 cc de suelo a los 120 ddg el arroz var. Oryzica 1. (N= 4 repeticiones).

Tratamiento	Juveniles (J2) en 100 cc de suelo	Juveniles (J2) por cc de suelo
Gallinaza 12 Ton/ha	120A*	1.20A
Gallinaza 16 Ton/ha	115AB	1.15AB
Gallinaza 4 Ton/ha	101AB	1.01AB
Testigo Absoluto	92AB	0.92AB
Gallinaza 8 Ton/ha	90AB	0.90AB
Quitina 450 Kg/ha	83AB	0.83AB
Ethoprop 15G 6Kg i.a/ha	77AB	0.77AB
Quitina 350 Kg/ha	76AB	0.76AB
Ethoprop 15G 3Kg i.a/ha	73AB	0.73AB
Terbufos 10G 2.5Kg i.a/ha	65 B	0.65 B
Quitina 150 Kg /ha	65 B	0.65 B
Quitina 250 Kg /ha	64 B	0.64 B

C.V. = 34.76

* Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) a partir de valores transformados a $\log_{10}(X+1)$.

La mayor densidad poblacional de J2 de *M. salasi*/100 cc de suelo fue 120. Esta se encontró en el tratamiento con gallinaza 12 ton/ha, el cual mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con los tratamientos de Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha, Quitina 150 Kg/ha y Quitina 250 Kg/ha, los cuales presentaron las densidades más bajas de 65, 65 y 64 J2 de *M. salasi*/100 cc de suelo respectivamente. Los restantes tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí ($p \geq 0.05$).

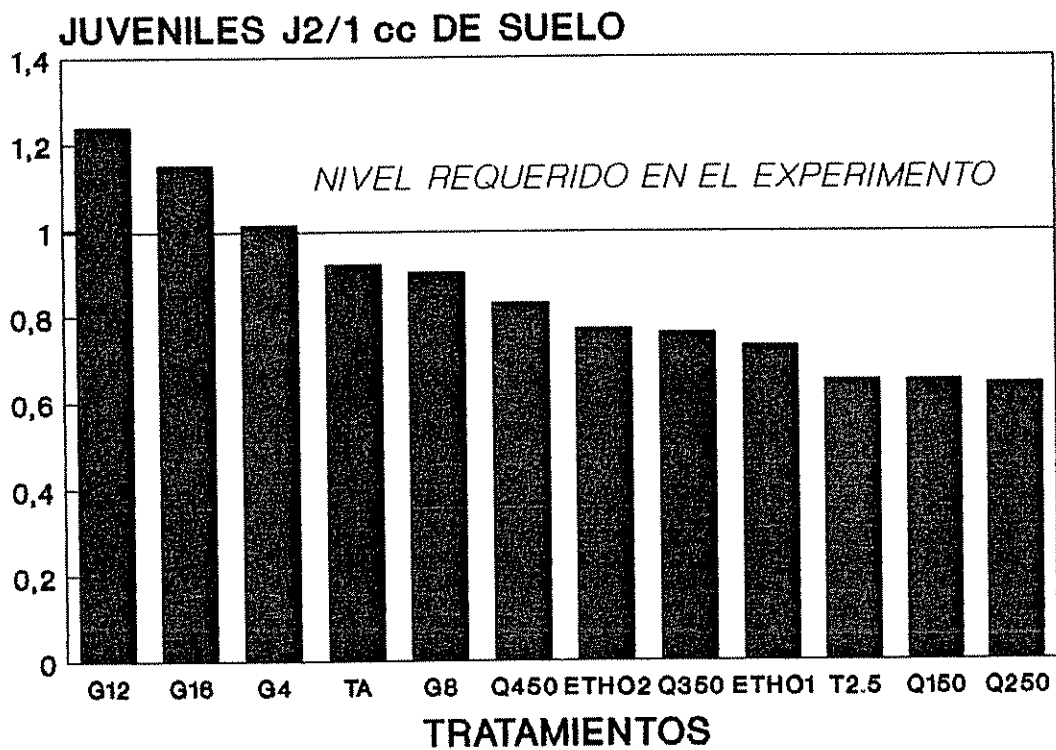


Figura 3. Promedio de la densidad de población final (P_f) de J2 de *M. salasi*/ 1 cc de suelo durante los 120 ddg el arroz var. Oryzica 1.

Las densidades de población de *M. salasi*, estuvieron por debajo del nivel crítico de 1 juvenil de *M. salasi*/cm³ de suelo; no existiendo diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con nematicidas (Terbufos 10G y Ethoprop 15G) y las enmiendas orgánicas (Gallinaza y quitina). La densidad de población tan baja de *M. salasi*, registrada durante el ciclo del cultivo, no permitió expresar el efecto de los tratamientos. Es probable que algunos de los factores predominantes durante el período seco (enero-abril) en el cual se desarrolló el estudio, hayan inhibido el comportamiento del nematodo en el suelo (principalmente las altas temperaturas que se registran durante la estación seca). También podría ser que la variedad Oryzica 1 fuese tolerante a la población de *M. salasi* existente en el área de estudio o quizás a la combinación de ambos factores u otro desconocido. Este hecho sugiere la necesidad de determinar un nuevo nivel crítico poblacional del nematodo en las zonas arroceras donde se cultiva la variedad Oryzica 1.

Aparentemente la duración del cultivo de 135 días fue poco tiempo para la descomposición y liberación de compuestos nematóxicos en las enmiendas orgánicas. La alta acidez del suelo (pH=4.65) pudo haber inhibido el efecto de la dosis de las enmiendas orgánicas y bien pudieran ser muy bajas para suelos con acidez como la registrada en el suelo de este estudio. Para obtener un control satisfactorio de

nemátodos, los suelos ácidos necesitan niveles mayores de enmiendas orgánicas que suelos neutrales ó alcalinos (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987).

La enmienda gallinaza no redujo las poblaciones de *M. salasi* en el suelo. Estos resultado no coinciden con los reportados por Chindo y Khan (1990) quienes indicaron que con aumentos en los niveles de gallinaza de 0, 2, 4, y 8 ton/ha aplicados al suelo, se redujeron las poblaciones de *Meloidogyne incognita* raza 1 en el cultivo de tomate. Niveles de gallinaza de 8 ton/ha aplicados al suelo no mostraron un efecto positivo en el control de nemátodos en el cultivo del melón (Poveda 1991).

Las bajas poblaciones de *M. salasi* registradas durante la estación seca, en la que se desarrolló este estudio, sugieren que es posible abstenerse de la aplicación de medidas de control contra el nematodo.

La prueba de contrastes ortogonales para la variable juveniles (J2) de *M. salasi*/cm³ de suelo fue significativa ($p \leq 0.05$) solamente para las comparaciones Terbufos 10G vs. Gallinaza, Ethoprop 15G vs. Gallinaza y Gallinaza vs. Quitina (Figs. 4, 5 y 6).

El tratamiento nematicida Terbufos 10G a razón de 2.5 Kg i.a/ha mostró un mejor control de la población de *M. salasi* en el suelo en comparación a los distintos niveles de

la enmienda orgánica gallinaza. Los nematicidas ejercen un control de nematodos de manera inmediata a su aplicación (corto plazo), mientras que las enmiendas orgánicas constituyen medidas de control de nematodos a largo plazo. Por ello, fue más evidente el control de nematodos en el suelo con nematicidas que con la Gallinaza. La duración del ciclo del cultivo de arroz de 135 días, resulta un tiempo prematuro para evaluar las ventajas biológicas y económicas de control con la enmienda gallinaza.

Al igual que Terbufos 10G, el nematicida Ethoprop 15G tiene un efecto inmediato sobre el control de nematodos del suelo. Las ventajas comparativas entre las opciones de control químico y uso de enmiendas orgánicas para el manejo y control de nematodos deberá evaluarse por períodos mayores de tiempo o durante varios ciclos del cultivo.

Las poblaciones de *M. salasi* en el suelo fueron mejor controladas con la enmienda quitinosa que con la gallinaza (Fig. 6). La mayor efectividad de la quitina sobre la gallinaza, puede atribuirse al mayor contenido de 4.3% de N en la enmienda quitinosa que en la gallinaza de 1.81% de N.

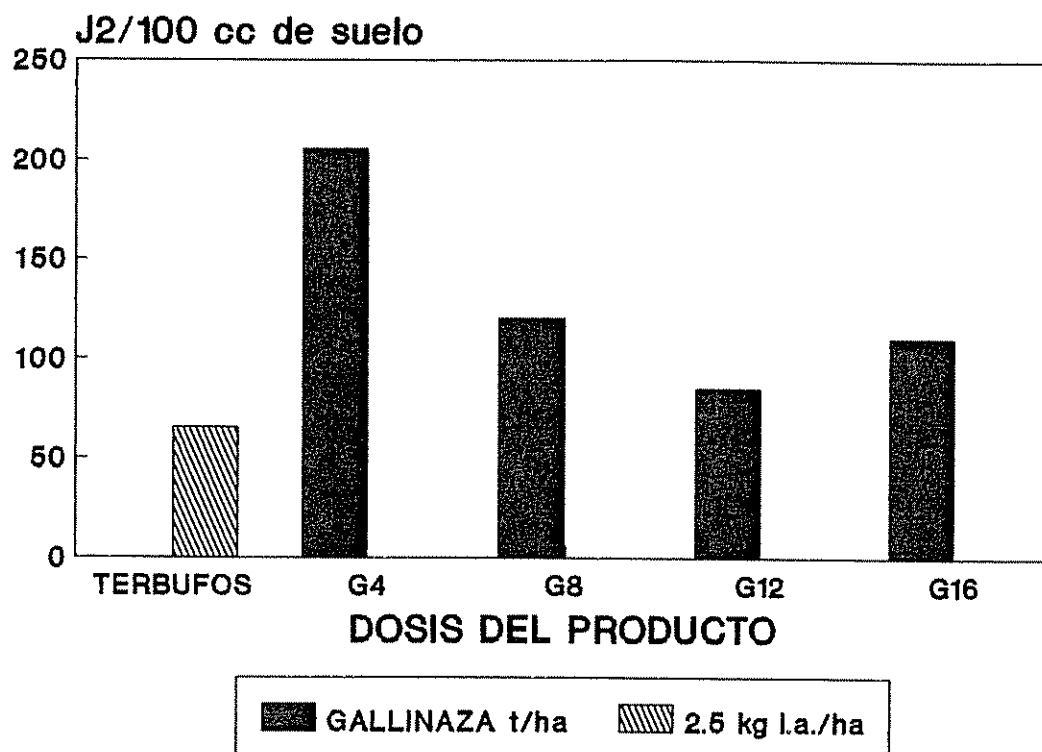


Figura 4. Efecto del nematicida Terbufos 10G y distintas dosis de gallinaza sobre J2 de *M. salasi*, 120 ddg el arroz var. Oryzica 1 en Panamá.

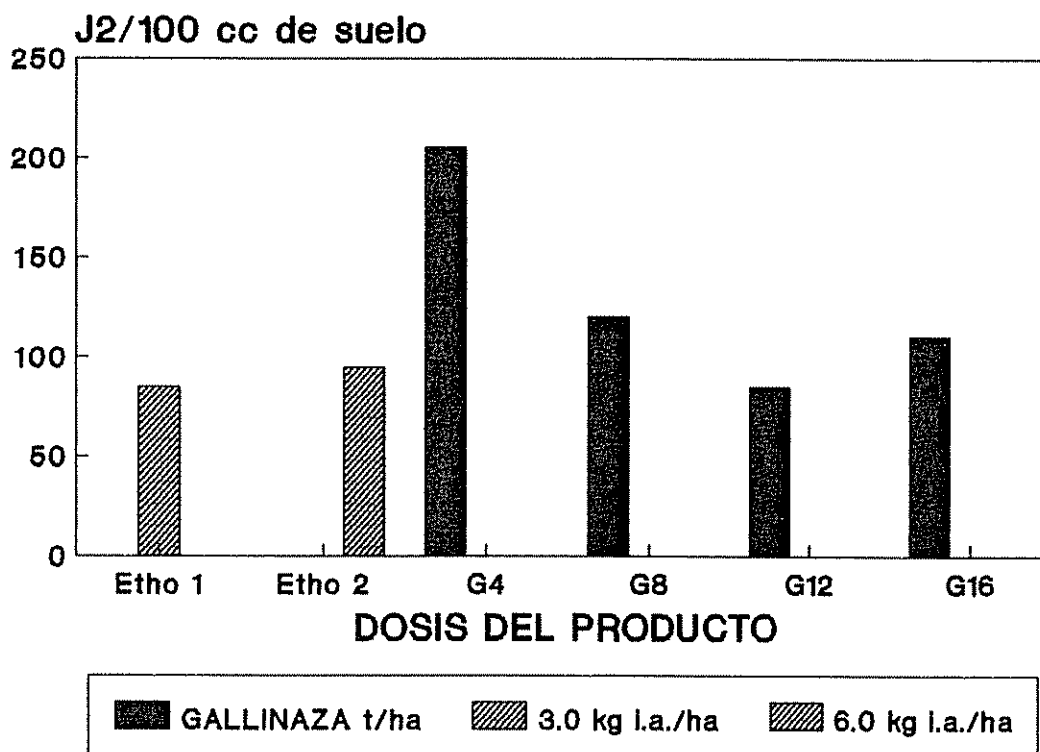


Figura 5. Efecto de distintas dosis del nematocida Ethoprop 15G y la enmienda gallinaza sobre J2 de *M. salasi*, 120 ddg el arroz var. Oryzica 1 en Panamá.

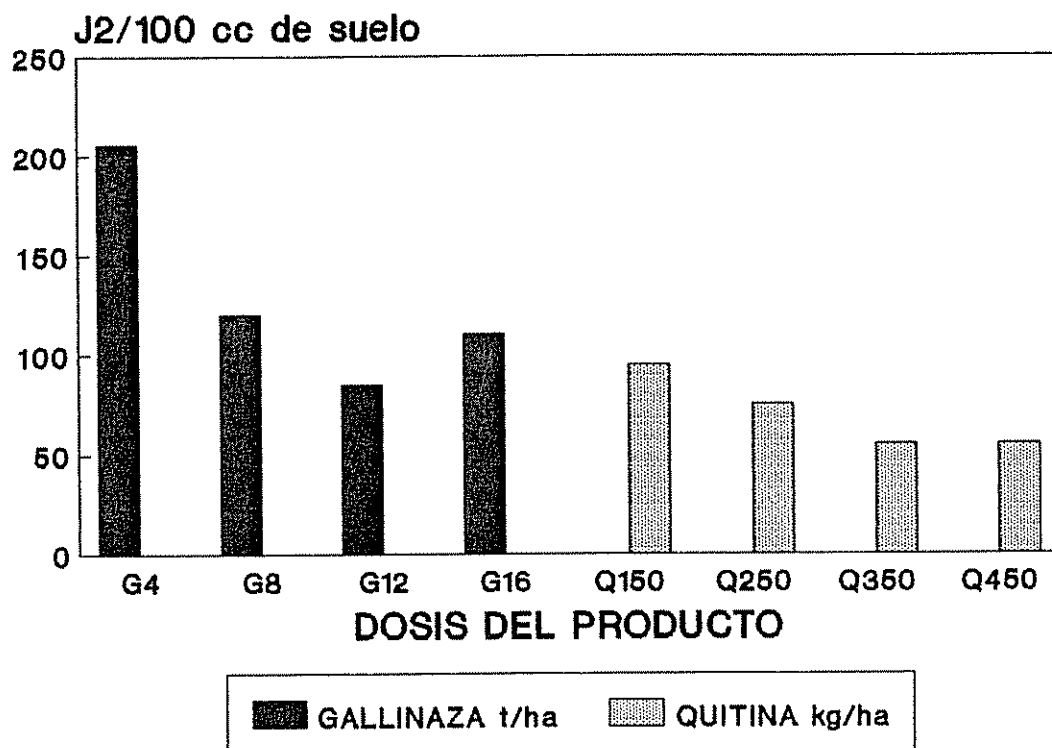


Figura 6. Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina sobre J2 de *M. salasi*, 120 ddg el arroz var. Oryzica 1 en Panamá.

Enmiendas orgánicas con mayores contenidos de N, producen durante la descomposición de este elemento por los microorganismos del suelo, grandes cantidades de nitratos, nitritos y compuestos amoniacaes que resultan nematotoxicos (Rodríguez-Kabana y King, 1980). La adición de enmiendas quitinosas, resultan en la estimulación de microfloras especializadas, capaces de descomponer el polímero (Quitina), produciendo sustancias con propiedades nematotoxicas como amonia y nitratos (Rodríguez-Kabana et al. 1983).

La presencia de la quitina como componente estructural de la capa media de la cáscara de huevos de los Tylenchidos es también afectada por los microorganismos que se incrementan en respuesta a la aplicación de enmiendas quitinosas. Estos microorganismos alteran el desarrollo embrionario por degradación o rompimiento de la capa quitinosa del huevo, provocando una reducción en las poblaciones del nematodo (Godoy et al. 1983, Rodríguez-Kabana et al. 1984, Spiegel y Cohn 1985, Stirling 1991).

No se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para las variables porcentaje de agallamiento, huevos/50 g de raíces y juveniles (J2) de *M. salasi*/50 g de raíces (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de tratamientos en el porcentaje de agallamiento (AG), huevos/50 g (H/50g) y juveniles (J2) de *M. salasi*/50 g de raíces (J2/50 g) de Arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg. (N= 4 repeticiones).

Tratamientos	% AG	H/50g	J2/50g
Ethoprop 15G 3 kg i.a/ha	1.59A*	675A	1063A
Testigo Absoluto	1.21A	3006A	3425A
Gallinaza 12 ton/ha	1.11A	331A	1672A
Quitina 150 kg/ha	0.35A	209A	675A
Gallinaza 4 ton/ha	0.35A	825A	1140A
Quitina 450 kg/ha	0.33A	2087A	4147A
Quitina 250 kg/ha	0.32A	645A	1444A
Quitina 350 kg/ha	0.12A	2837A	3534A
Gallinaza 16 ton/ha	0.09A	1490A	2387A
Ethoprop 15G 6 kg i.a/ha	0.09A	1806A	2750A
Terbufos 10G 2.5 kg i.a/ha	0.08A	2366A	2603A
Gallinaza 8 ton/ha	0.07A	6153A	5381A
C.V.	36.23	10.96	10.57
s	0.33	1.17	1.08

* Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$). Duncan a partir de valores transformados a $\sqrt{x+0.5}$ para porcentaje de agallamiento y $\log_{10}X+1$ para huevos/50 g de raíces y juveniles (J2)/50 g de raíces.

El porcentaje de agallamiento del sistema radical varió entre 0.07 y 1.59%, lo que corresponde a un índice de 2 según la escala de Babatola (1980) utilizada en este estudio. La interpretación de este índice de 2 corresponde a un genotipo de arroz altamente resistente que para este estudio fue la variedad Oryzica 1.

El número de huevos dentro del sistema radical osciló

reproduciéndose a tasas variables en los distintos tratamientos, a pesar de no existir diferencias significativas entre ellos.

El número de J2 de *M. salasi*/50 g de raíces dentro del sistema radical, varió entre 675 y 5381 (14 y 108 J2/g de raíz).

M. salasi causó escaso o reducido porcentaje de agallamiento del sistema radical de las plantas de arroz var. Oryzica 1. Esta ausencia o baja proporción de agallamiento radical no implica que el nematodo este ausente o se encuentre a reducidas densidades de población. Mac Guidwin *et al.* (1987) indicaron que el número de raíces agalladas no fue un reflejo preciso de las densidades de nematodos agalladores como *Meloidogyne hapla* dentro de las raíces de plantas de cebolla. En este caso la fenología de la planta hospedera fue el factor más limitante de incremento poblacional del nematodo.

Probablemente la variedad de arroz Oryzica 1 presentó cierto grado de tolerancia al ataque del nematodo, bajo las condiciones edafoclimáticas en las que se realizó este estudio.

No se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos para la variable número promedio de panículas/m² (Cuadro 5). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el número

promedio de granos llenos por panícula. Los mayores promedios de 97, 95 y 90 granos llenos/panícula se obtuvieron en los tratamientos de 12 ton de gallinaza/ha, Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha (práctica CEGRACO) y 16 ton de gallinaza/ha, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos ($p \geq 0.05$). Los menores números promedios de 54, 60, 62 y 62 granos llenos/panícula se observaron en los tratamientos con quitina a dosis de 250, 150, 350 y 450 Kg/ha respectivamente, aunque estos tratamientos no difieren entre sí ($p \geq 0.05$) ni con el Testigo Absoluto. Este hecho permite descartar la posibilidad de que halla ocurrido cierto grado de toxicidad de la quitina sobre el cultivo. Esta observación se sustenta también en que las dosis mayores de quitina, presentaron un mayor número promedio de granos llenos/panícula de arroz que los tratamientos con menores dosis de quitina.

Adicional a los efectos nematóxicos que ejercen las enmiendas orgánicas, se producen otros beneficios como el aumento de la disponibilidad de nutrientes esenciales para el cultivo (Rodríguez-Kabana y Morgan-Jones 1987). La aportación de N de 1.81% en la enmienda gallinaza y de 4.3% en la quitina pudo haber influido en el menor o mayor número promedio de granos llenos/panícula. La ventaja de la gallinaza sobre la quitina posiblemente se debió a que el mayor contenido de N en la enmienda quitinosa causó algún grado de inhibición sobre la variable analizada. La

aplicación de N en exceso quizás causa acumulaciones de especies iónicas (nitritos, nitratos, amonía) que podrían originar efectos fitotóxicos (Rodríguez-Kabana y King 1980, Rodríguez-Kabana 1986).

Cuadro 5. Efecto de tratamientos sobre el número promedio de panículas/m² (P/m²), número promedio de granos llenos (GLL/P), vanos (GV/P) y totales/panícula (GT/P) a los 135 ddg el arroz var. Oryzica 1. (N= 4 repeticiones).

Tratamientos	P/m ²	GLL/P	GV/P	GT/P
Quitina 250 kg/ha	678A*	54 D	15A	69 B
Testigo Absoluto	674A	65 D	15A	80 B
Ter 10G 2.5 kg i.a/ha	674A	95AB	18A	113A
Eth 15G 6 kg i.a/ha	668A	65 D	17A	82 B
Gallinaza 8 ton/ha	652A	69 CD	22A	91AB
Gallinaza 4 ton/ha	650A	73 BCD	19A	92AB
Quitina 150 kg/ha	648A	60 D	15A	75 B
Gallinaza 16 ton/ha	632A	90ABC	18A	108A
Gallinaza 12 ton/ha	630A	97A	16A	113A
Quitina 350 kg/ha	594A	62 D	15A	77 B
Eth 15G 3 kg i.a/ha	590A	72 BCD	18A	90AB
Quitina 450 kg/ha	584A	62 D	19A	80 B
C.V.	5.19	9.94	13.94	8.21

* Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) Duncan a partir de valores transformados a $\log_{10}(X)$.

La diferencia entre el número promedio de granos vanos/panícula resultó no significativo ($p \geq 0.05$) entre los distintos tratamientos. Sin embargo, el número promedio de granos totales/panícula, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Los tratamientos de Gallinaza

tratamientos de Gallinaza 12 ton/ha, Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha y Gallinaza 16 ton/ha manifestaron los mayores números promedios de granos totales/ panícula, no existiendo diferencias significativas entre ellos ($p \geq 0.05$). Los tratamientos con la enmienda quitinosa y el Testigo Absoluto presentaron los valores más bajos.

La prueba de contrastes ortogonales fue significativa ($p \leq 0.05$) para la variable granos llenos y granos totales/panícula en los contrastes Testigo Absoluto vs. Gallinaza; Terbufos 10G vs. Ethoprop 15G; Terbufos 10G vs. Quitina; Ethoprop 15G vs Gallinaza y Gallinaza vs. Quitina.

Los tratamientos con gallinaza a razón de 12 y 16 ton/ha presentaron un número promedio mayor de 97 y 90 granos llenos/panícula que el Testigo Absoluto (Fig. 7).

El contraste entre los tratamientos nematicidas, indicó que el Terbufos 10G aplicado al suelo en dosis de 2.5 Kg i.a/ha superó a los tratamientos con Ethoprop 15G aplicados a razón de 3.0 y 6.0 Kg i.a./ha. Aunque el nivel de Terbufos 10G no reveló diferencias significativas con la dosis de 3.0 Kg i.a/ha de Ethoprop 15G si existieron diferencias significativas cuando se aumentó a 6.0 Kg i.a/ha. Este hecho sugiere que el mayor nivel de Ethoprop 15G, pudo resultar fitotóxico al cultivo (Fig. 8).

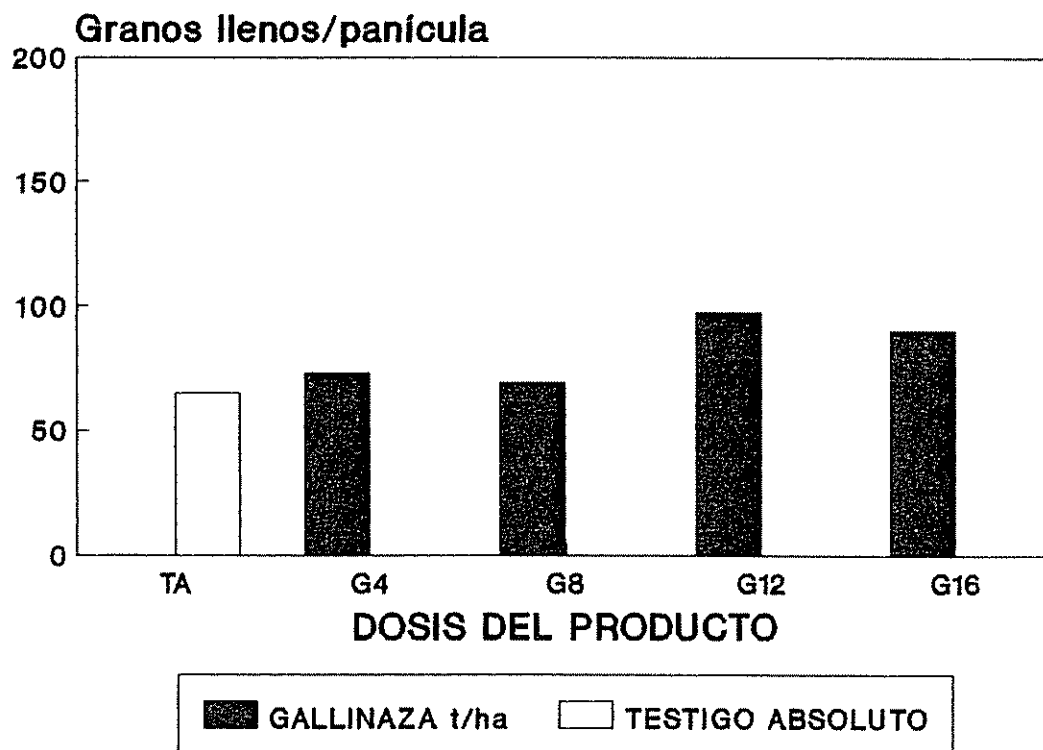


Figura 7. Efecto de distintas dosis de la enmienda gallinaza sobre el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.

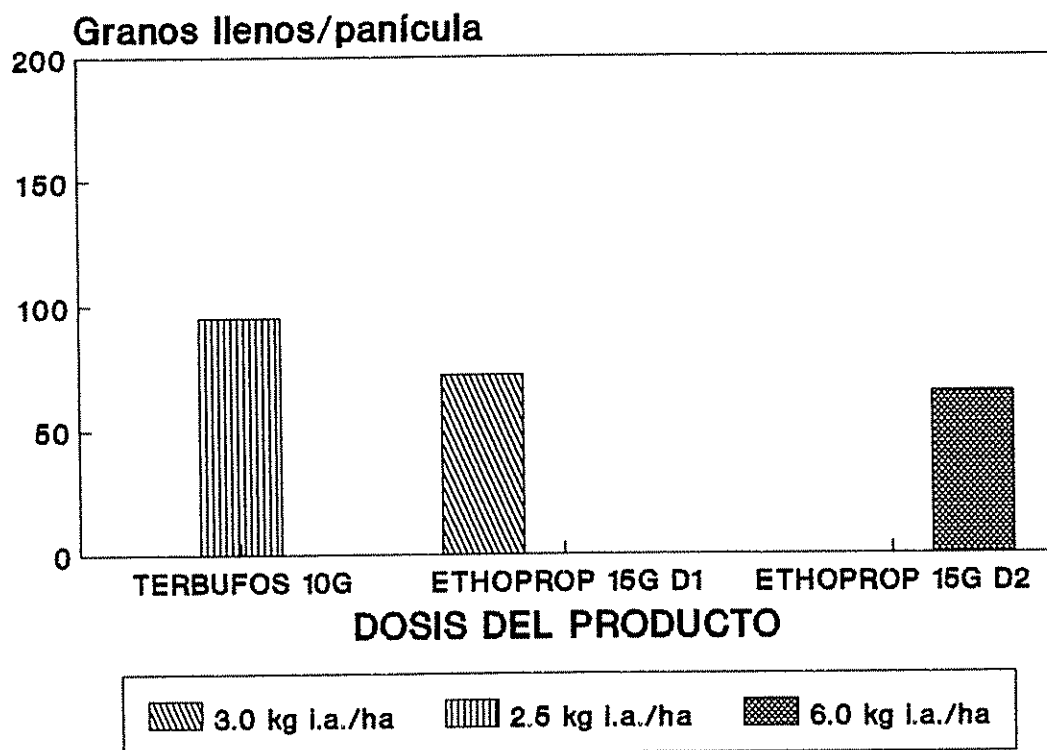


Figura 8. Efecto de terbufos 10G y dosis de ethoprop 15G en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.

Hay más granos llenos/panícula cuando se aplica el Terbufos 10G a razón de 2.5 Kg i.a/ha que cuando se aplicó al suelo distintas dosis de la enmienda quitinosa (Fig. 9). Probablemente los niveles de quitina utilizados interfirieron con los procesos fisiológicos de llenado de granos en la planta de arroz.

Los niveles de gallinaza 12 ton/ha y gallinaza 16 ton/ha tuvieron mas granos llenos/panícula que el nematicida Ethoprop 15G aplicado al suelo a razón de 3.0 y 6.0 Kg i.a/ha (Fig. 10).

La enmienda gallinaza mostró una tendencia al aumento de granos llenos/panícula comparado con la enmienda quitinosa. La efectividad de la gallinaza sobre la quitina posiblemente sea debida al menor contenido de N y en consecuencia la menor acumulación de compuestos fitotóxicos (Fig. 11).

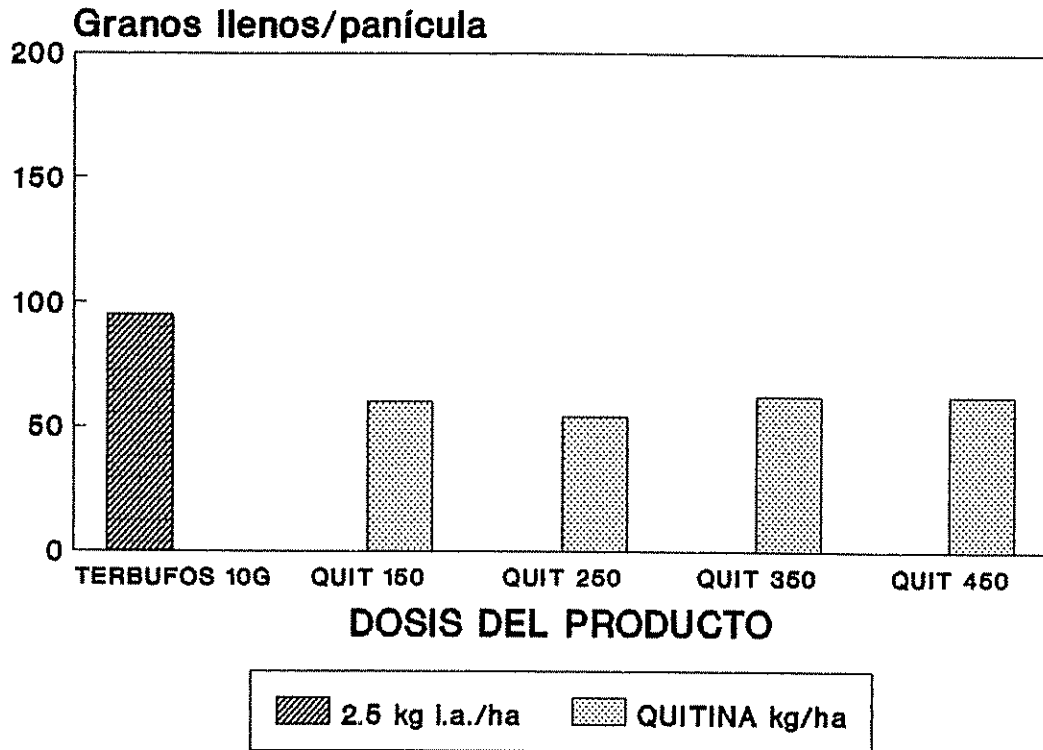


Figura 9. Efecto de terbufos 10G y varias dosis de la enmienda quitinosa en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.

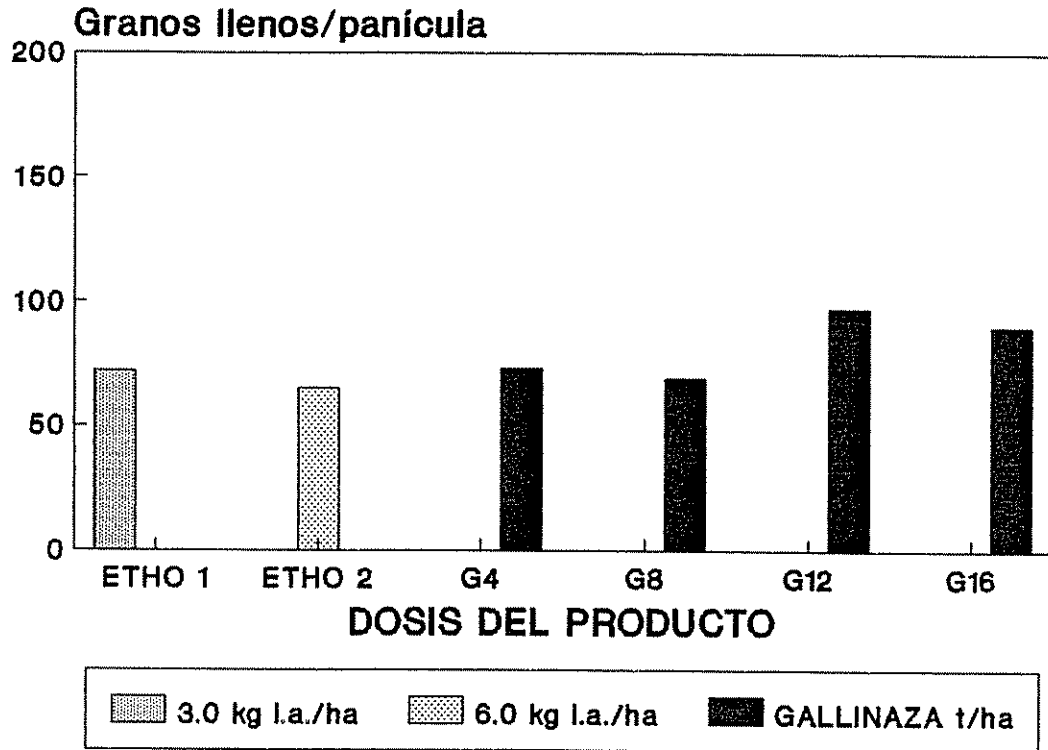


Figura 10. Efecto de dosis de ethoprop 15G y de la enmienda gallinaza en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.

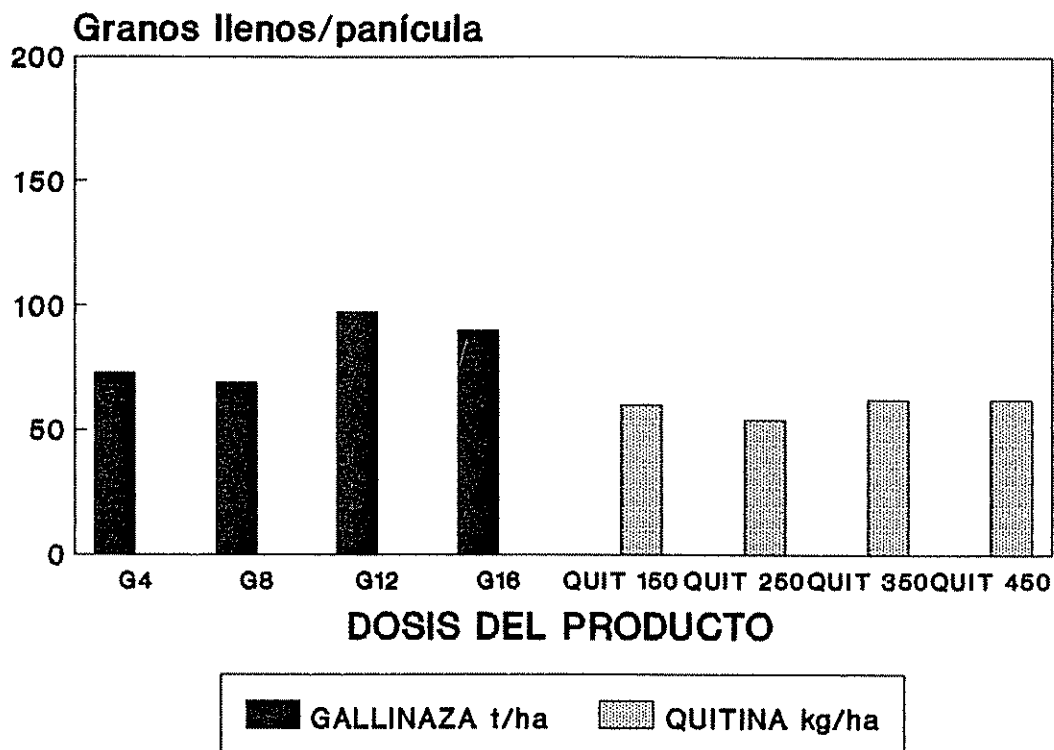


Figura 11. Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina en el promedio de granos llenos/panícula de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg.

No se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para las variables rendimiento bruto de campo y rendimiento neto (Cuadro 6).

Cuadro 6. Rendimiento Bruto de Campo (RBC), porcentaje de humedad (%H) y rendimiento neto (RN) de arroz var. Oryzica 1 a los 135 ddg. (N = 4 repeticiones).

Tratamientos (ton/ha)	RBC (ton/ha)	H (granos) (%)	RN
Gallinaza 16 ton/ha	5.47A*	22.13 B	4.46A
Terbufos 10G 2.5 kg i.a/ha	5.42A	24.83AB	4.25A
Gallinaza 12 ton/ha	5.23A	20.73 B	4.35A
Quitina 350 kg/ha	4.99A	21.98 B	4.11A
Quitina 150 kg/ha	4.89A	26.18AB	3.77A
Testigo Absoluto	4.82A	23.38AB	3.88A
Gallinaza 4 ton/ha	4.77A	20.78 B	3.90A
Gallinaza 8 ton/ha	4.76A	19.93 B	3.98A
Ethoprop 15G 6 kg i.a/ha	4.42A	26.30AB	3.42A
Quitina 250 kg/ha	4.30A	29.33A	3.24A
Ethoprop 15G 3 kg i.a/ha	4.29A	24.85AB	3.35A
Quitina 450 kg/ha	4.27A	25.88AB	3.33A
C.V.	22.87	16.94	24.73

* Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) Duncan a partir de valores transformados a $\log_{10}(X)$ para la variable humedad de grano en campo.

Para la variable porcentaje de humedad del grano a la cosecha, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Los mayores porcentajes de humedad del grano de 29.3, 26.3, 26.2 y 25.9% se obtuvieron, en los tratamientos con Quitina 250 Kg/ha, Ethoprop 15G 6.0 Kg i.a/ha, Quitina 150 Kg/ha y Quitina 450 Kg/ha, respectivamente. Sin embargo, estos tratamientos no difirieron estadísticamente entre sí ($p \geq 0.05$), ni con el testigo absoluto y el Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha.

Los menores porcentajes de humedad de 19.9, 20.7, 20.8 y 22.0% se alcanzaron en los tratamientos con 8, 12 y 4 ton/ha de Gallinaza y Quitina 350 Kg/ha respectivamente. Entre estos tratamientos las diferencias no fueron significativas ($p \geq 0.05$) al igual que con el Testigo Absoluto y el Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha.

Las enmiendas orgánicas evaluadas no revelaron un efecto nematóxico durante los 135 días de desarrollo del cultivo, sobre las poblaciones de *M. salasi*, pero si parecen intervenir sobre el tiempo de maduración del grano. Los tratamientos con gallinaza parecen acelerar el proceso de maduración, evidenciado en los menores porcentajes de humedad en estos tratamientos. Por el contrario, la quitina parece retardar la maduración. Esto se evidencia en el alto porcentaje de humedad del grano en estos tratamientos. La alta humedad es indicador de que aún el grano está tierno y no ha alcanzado la madurez adecuada.

La prueba de contrastes ortogonales fue significativa ($p \leq 0.05$) sólo para las comparaciones Ethoprop 15G vs. Gallinaza y Gallinaza vs. Quitina. Los tratamientos con la enmienda gallinaza, manifestaron un menor porcentaje de humedad del grano que los tratamientos con el nematicida Ethoprop 15G (Fig. 12). Los tratamientos con la enmienda quitinosa presentaron un porcentaje de humedad del grano mayor que con la enmienda gallinaza. Solo el tratamiento con 250 Kg/ha de quitina, difirió estadísticamente de los tratamientos con gallinaza (Fig. 13).

El mayor porcentaje de rendimiento de granos enteros de 62.0% se alcanzó con el tratamiento de 350 Kg/ha de Quitina, mientras que el menor porcentaje de 42.9% se obtuvo con el nivel de 250 Kg/ha de Quitina (Cuadro 7). Sin embargo, no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 7. Efecto de tratamientos sobre el rendimiento de calidad molinera para los parámetros porcentaje de arroz grano entero (%GE), 3/4 (%G 3/4) y arrocillo (%ARR) a los 135 ddg el arroz var Oryzica 1. (N= 4 repeticiones).

Tratamientos	GE (%)	G 3/4 (%)	ARR (%)
Quitina 350 kg/ha	61.95A*	2.65 BC	3.58 B
Terbufos 10G 2.5 kg i.a/ha	61.45A	2.44 C	4.29 B
Gallinaza 8 ton/ha	60.45A	3.90ABC	5.24 B
Gallinaza 12 ton/ha	59.83A	4.08ABC	4.45 B
Gallinaza 4 ton/ha	59.63A	4.16ABC	5.80AB
Gallinaza 16 ton/ha	57.94A	4.56ABC	6.08AB
Ethoprop 15G 3 kg i.a/ha	57.59A	4.36ABC	6.81AB
Testigo Absoluto	57.43A	4.24ABC	6.45AB
Ethoprop 15G 6 kg i.a/ha	55.49A	4.26ABC	8.95AB
Quitina 150 kg/ha	51.16A	5.73AB	10.66AB
Quitina 450 kg/ha	48.91A	4.33ABC	14.54AB
Quitina 250 kg/ha	42.91A	5.73AB	18.70A
C.V.	11.99	20.23	38.52

* Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) Duncan a partir de valores transformados a $\log_{10}X+1$.

Los porcentajes de rendimiento de arroz tipo grano 3/4 y arrocillo fueron diferentes significativamente ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

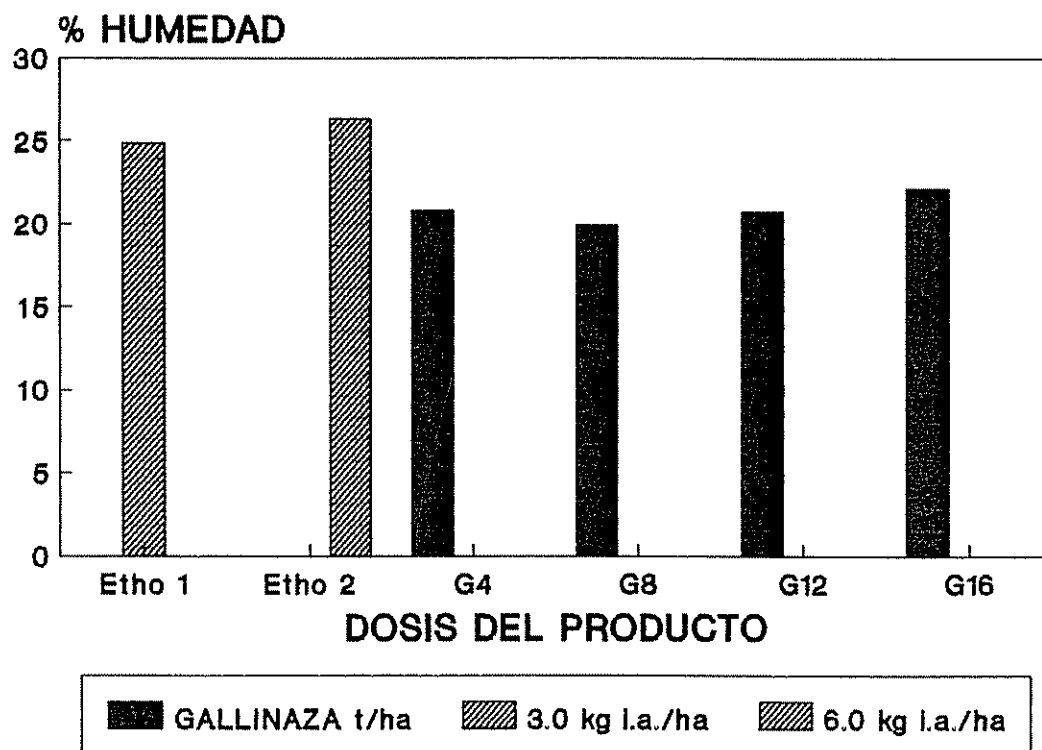


Figura 12. Efecto de distintas dosis de ethoprop 15G y la enmienda gallinaza en el porcentaje de humedad de granos a los 135 ddg el arroz var. Oryzica 1.

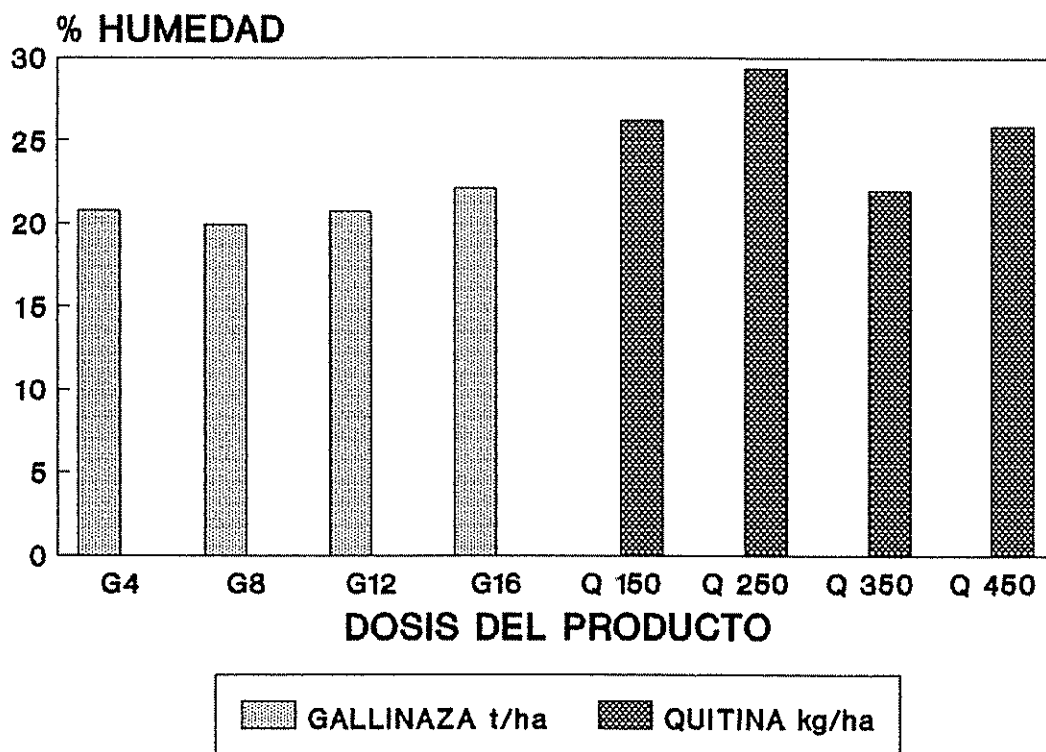


Figura 13. Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina en el porcentaje de humedad de granos a los 135 ddg el arroz var. Oryzica 1.

El menor porcentaje (2.44%) de granos 3/4 se alcanzó con el tratamiento Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha, el cual fue estadísticamente diferente de los tratamientos con quitina a razón de 150 y 250 Kg/ha respectivamente, presentando ambos el mayor porcentaje (5.73%) de granos 3/4. Los restantes tratamientos no difirieron estadísticamente entre sí ($p \geq 0.05$).

Para el porcentaje de rendimiento de arrocillo, el mayor valor de 18.70% se alcanzó en el tratamiento con quitina a razón de 250 Kg/ha. Este tratamiento difirió estadísticamente ($p \leq 0.05$) de los tratamientos con Quitina 350 Kg/ha, Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha, Gallinaza 12 ton/ha y Gallinaza 8 ton/ha, los cuales presentaron los menores valores de 3.6, 4.3, 4.5 y 5.2% de arrocillo respectivamente.

La prueba de contrastes ortogonales para la variable porcentaje de rendimiento de granos enteros, resultó significativa ($p \leq 0.05$) para la comparación de los tratamientos Gallinaza vs. Quitina. La enmienda gallinaza mostró una mayor tendencia a la producción de granos enteros durante el proceso de molienda del grano de arroz que la enmienda quitinosa (Fig. 14).

Para la variable porcentaje de rendimiento de arroz grano tipo 3/4 fueron significativos los contrastes:

Terbufos 10G vs. Ethoprop 15G, Terbufos 10G vs. Gallinaza y Terbufos 10G vs. Quitina.

El tratamiento nematocida Ethoprop 15G presentó una mayor producción de granos de arroz tipo 3/4 durante el proceso de molienda del grano en comparación al nematocida Terbufos 10G (Fig. 15).

Los tratamientos a base de la enmienda gallinaza, presentaron una mayor tendencia a producir más arroz grano tipo 3/4 que con el tratamiento nematocida Terbufos 10G. No obstante, tales diferencias no fueron estadísticamente significativas (Fig. 16).

Los tratamientos con quitina manifestaron una mayor producción de arroz tipo 3/4 que el tratamiento con Terbufos 10G durante el proceso de molienda del grano (Fig. 17).

Los tratamientos con la enmienda quitinosa, presentaron un porcentaje de rendimiento de arrocillo mayor que con la gallinaza durante el proceso de molienda del grano de arroz (Fig. 18).

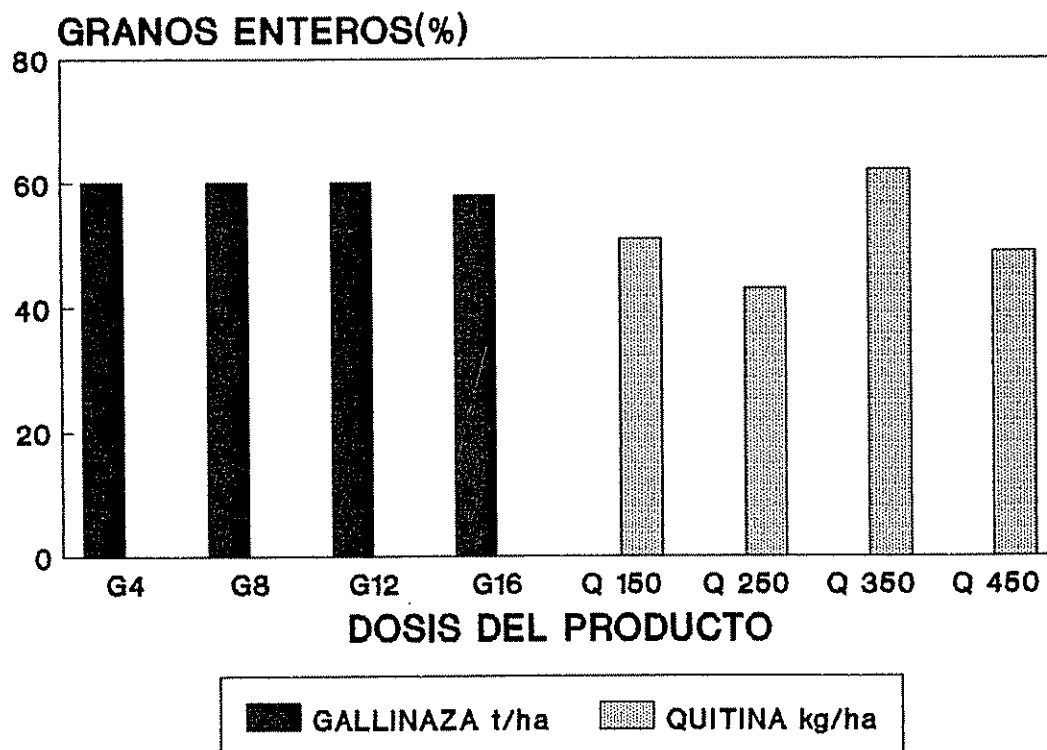


Figura 14. Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina sobre el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos enteros de arroz var. Oryzica 1.

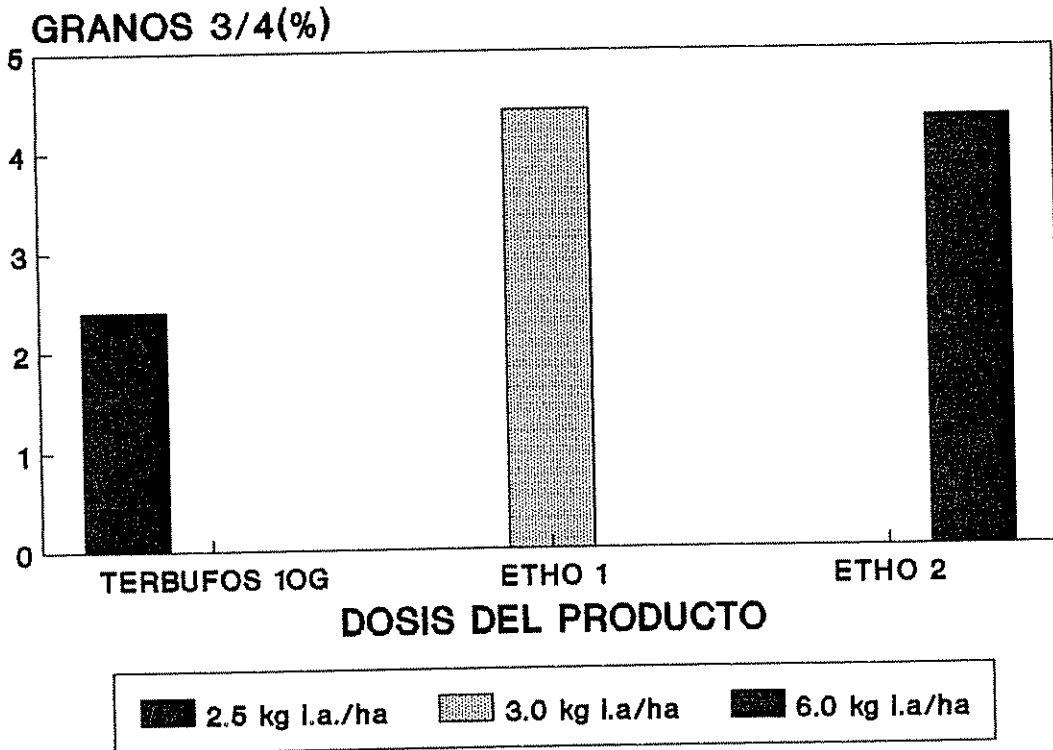


Figura 15. Efecto de dosis de terbufos 10G y ethoprop 15G sobre el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos 3/4 en arroz var. Oryzica 1.

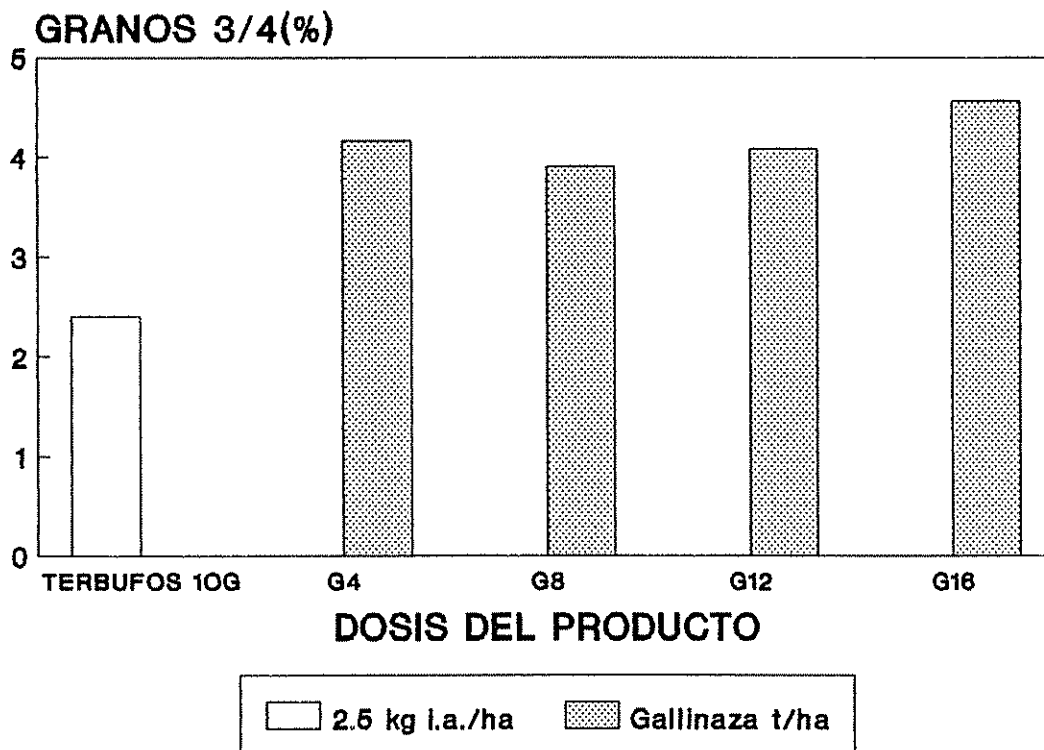


Figura 16. Efecto de terbufos 10G y distintas dosis de la enmienda gallinaza sobre el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos 3/4 en arroz var. Oryzica 1.

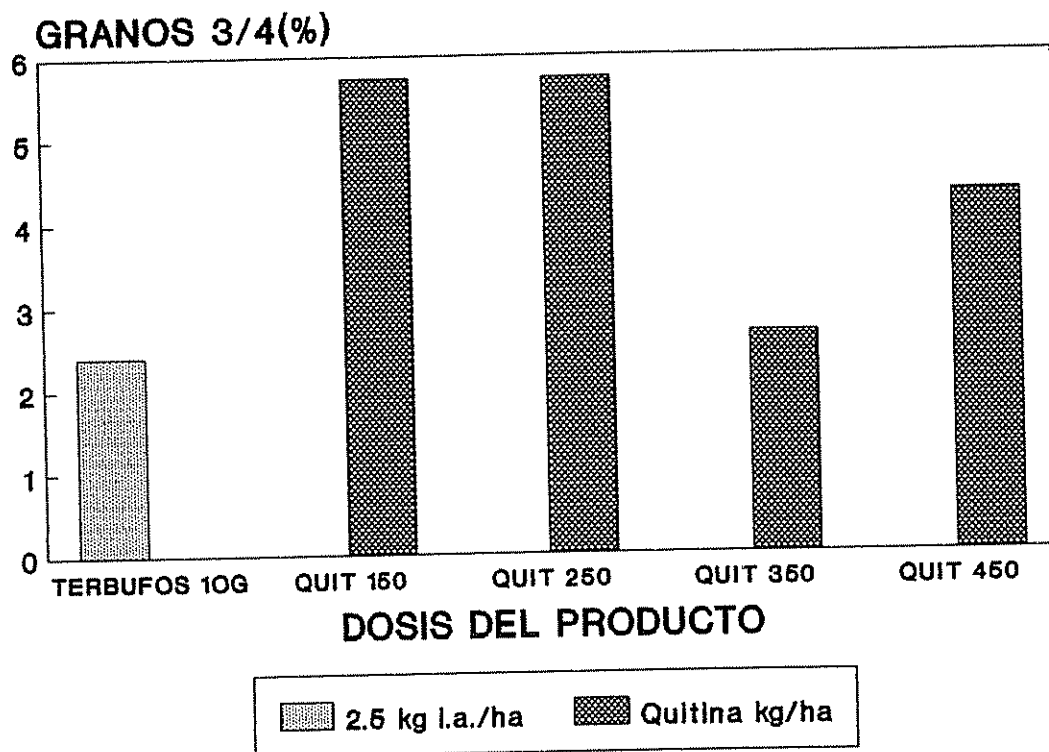


Figura 17. Efecto de terbufos 10G y distintas dosis de la enmienda quitinosa sobre el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de granos 3/4 en arroz var. Oryzica 1.

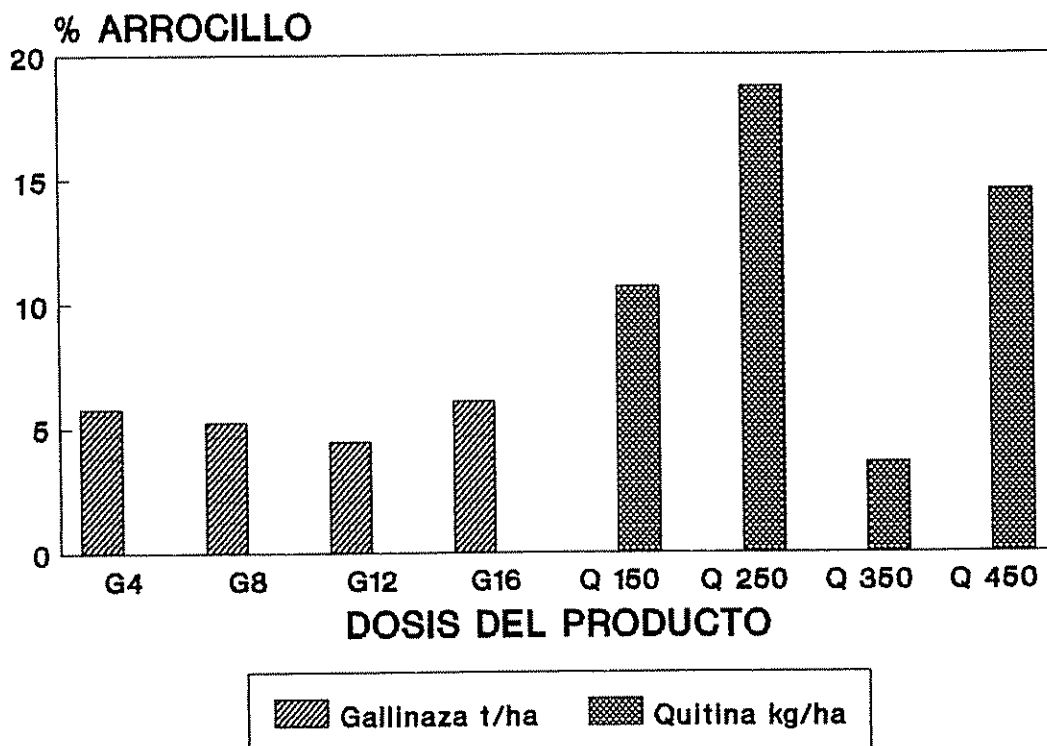


Figura 18. Efecto de distintas dosis de las enmiendas gallinaza y quitina sobre el rendimiento de calidad molinera para el parámetro porcentaje de arrocillo en arroz var. Oryzica 1.

Los menores números promedios de granos/panícula, granos totales/panícula y mayores porcentajes de humedad del grano de arroz, obtenidos a los 135 ddg el arroz var. Oryzica 1 en los tratamientos con quitina, sugieren que es probable que este tipo de enmienda inhiba el proceso de madurez fisiológica del cultivo (grano). Se ha encontrado que el porcentaje de humedad óptimo para la cosecha del grano de arroz oscila entre 18-23% y que cosechas levantadas antes o después de este ámbito incrementan el porcentaje de granos quebrados (De Datta 1986). Por otro lado, los mayores porcentajes de producción de arrocillo se alcanzaron en los tratamientos con quitina, excepto en el correspondiente a la dosis de 350 Kg/ha.

Esta mayor tendencia del grano de arroz a resquebrajarse durante el proceso de molienda es indicación de la falta de un desarrollo vigoroso y cristalino del grano. El lento llenado y alta humedad y, por lo tanto, la cosecha de un grano aún tierno, originó una mayor susceptibilidad al resquebrajamiento.

Los bajos porcentajes de agallamiento radical observados en el genotipo de arroz, Oryzica 1, sugieren que esta variedad podría ser tolerante al ataque del nematodo agallador *M. salasi*.

Otros géneros de nematodos fitoparásitos encontrados comúnmente en las muestras de suelo fueron: *Tylenchorhynchus* spp., *Tylenchus* spp e *Hirschmanniella* spp géneros también reportados por Tarté (1970). El género *Hirschmanniella** spp., también fue encontrado en muestras de raíces de nuestra área de estudio y está considerado como una plaga de importancia en las zonas arroceras del mundo (Taylor 1968). Por lo tanto, la distribución y potencial patogénico de *Hirschmanniella* spp. en las zonas productoras de arroz en Panamá podría ser de consideración.

Análisis económico

No existieron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$) para la variable rendimiento neto de campo en los distintos tratamientos.

El uso de las enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para el control de los fitonematodos es una opción a largo plazo, debido a que este tipo de métodos de control se fundamenta en el fomento y selección de microorganismos antagónicos a los nematodos.

* Eric Candanedo L. 1993. Confirmación del género *Hirschmanniella*. IDIAP. Panamá. (Com. pers.).

Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio derivados de solo un ciclo de cultivo, son insuficientes para evaluar las ventajas económicas frente a las opciones químicas de control, basadas en el empleo de nematicidas. Además, los nematicidas químicos ejercen un control inmediato sobre los nematodos, por lo que su efecto es evidente en el corto plazo.

Los presupuestos parciales sobre los ingresos brutos y costos variables que generaron los distintos tratamientos evaluados en este estudio se muestran en el cuadro 8.

Las enmiendas orgánicas aplicadas al suelo, mostraron beneficios netos menores y costos marginales superiores al testigo y al nematicida Terbufos 10G (Cuadro 9).

Las enmiendas orgánicas, constituyen opciones de manejo y control de nematodos a largo plazo. Por lo tanto, resulta obvio que opciones a corto plazo como la aplicación de nematicidas al suelo que tienen un efecto inmediato de control, superen a las enmiendas. Los bajos beneficios netos obtenidos con la aplicación del nematicida Ethoprop 15G, podrían atribuirse a la dosis elevada de este producto que probablemente causó fitotoxicidad al cultivo y que en consecuencia afectó los rendimientos.

Cuadro 9. Análisis de dominancia del ensayo sobre la evaluación de nematicidas y enmiendas orgánicas para el control del nematodo agallador *M. salasi* en el cultivo de arroz var. *Oryzica 1*.

Tratamientos	Beneficios Netos (\$U.S./ha)	Costos Variables (\$U.S./ha)
Terbufos 10G 2.5 Kg i.a/ha	1,236.70	56.28
Testigo Absoluto	1,180.41	0
Gallinaza 4 Ton/ha	1,053.22	133.28 ^{D*}
Quitina 150 Kg/ha	1,040.95	106.00 ^D
Quitina 350 Kg/ha	1,024.38	226.00 ^D
Gallinaza 8 Ton/ha	960.27	250.56 ^D
Gallinaza 12 Ton/ha	955.56	367.84 ^D
Ethoprop 15G 3.0 Kg i.a/ha	920.13	99.04 ^D
Gallinaza 16 Ton/ha	871.75	485.12 ^D
Ethoprop 15G 6.0 Kg i.a/ha	842.39	198.08 ^D
Quitina 250 Kg/ha	819.70	166.00 ^D
Quitina 450 Kg/ha	727.09	286.00 ^D

* D: Tratamientos Dominados

Los resultados económicos obtenidos mediante el análisis de presupuesto parcial (CIMMYT 1988, Calvo y Siman 1992) indicaron que aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento Terbufos 10G resultó la recomendación más económica en el corto plazo. Este tratamiento presentó la mayor tasa de retorno marginal (100%) superior a la tasa de comparación de 50%, compuesta por un 15% que representa el costo del dinero (tasa de interés del crédito para producción agrícola) y un 35% de prima sobre el riesgo de utilizar una nueva alternativa de control de *M. salasi* en el cultivo de arroz como resultado del análisis económico realizados durante un ciclo de cultivo que duró 135 días (Cuadro 10). Este corto periodo de desarrollo y bajo número de ciclos del cultivo, resulta

insuficiente y prematuro para realizar comparaciones que originen una recomendación económica definitiva de las opciones de control evaluadas.

Cuadro 10. Análisis de retorno marginal de los tratamientos no dominados en el ensayo sobre la evaluación de nematocidas y enmiendas orgánicas para el control del nematodo agallador *M. salasi* en arroz var. Oryzica 1.

Tratamientos	CV	BN	Δ (BN)	Δ (CV)	TRM
Ter 10G 2.5 Kg i.a/ha	56.28	1,236.70	56.29	56.28	100.02
Testigo Absoluto	0	1,180.41			

El efecto a largo plazo de las enmiendas es atribuible al establecimiento de una alta población de microorganismos antagónicos a los nematodos (Rodríguez-Kabana, Morgan-Jones, 1987). Por lo tanto un ciclo de cultivo de 135 días de duración es tiempo insuficiente para evaluar el impacto de la aplicación de las enmiendas orgánicas sobre los nematodos del suelo en las condiciones de nuestra área estudiada. Es necesario el seguimiento de este tipo de estudios por períodos mayores de tiempo a fin de medir el efecto de tales enmiendas sobre las poblaciones de nematodos en el suelo, así como los posibles efectos detrimentales que pudieran ocasionar algunas dosis al cultivo.

Evaluación de resistencia varietal contra el nematodo agallador *Meloidogyne salasi* en 40 genotipos de arroz (*Oryza sativa*).

El suelo presentó una textura arenosa, poco ácido, bajo en materia orgánica y mediano en fósforo y potasio. Los contenidos de los micronutrientes fueron bajos a excepción del cobre que fue mediano (Anexo 6). El porcentaje de agallamiento radical, mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre genotipos de arroz (Cuadro 11).

El menor porcentaje de agallamiento radical de 8.67% se encontró en los genotipos de arroz Au 7689 y Au 43287. El genotipo Au 16677 manifestó el mayor porcentaje de 72.0% de agallamiento radical.

Las variaciones obtenidas en los porcentajes de agallamiento radical en los distintos genotipos de arroz, confirman algunos resultados que establecen que la resistencia en muchos genotipos es evidenciada por la reducción del agallamiento radical (Hare 1965).

La interpretación de los índices de agallamiento radical, obtenidos en este estudio, permitieron diferenciar tres categorías como reacción a la presencia de *M. salasi*. Estas categorías fueron Susceptibles, Moderadamente Resistentes y Resistentes. Del total de los 40 genotipos evaluados, 10 correspondieron a la categoría de

susceptibles, 21 moderadamente resistentes y 9 resultaron resistentes (de acuerdo a la escala de Babatola (1980) basada en la proporción del sistema radical con agallas).

Diferencias en peso fresco de raíces fueron altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre los distintos genotipos de arroz (Cuadro 12).

El menor peso fresco promedio de 2.57 gramos de raíz, se obtuvo en el genotipo de arroz Au 16554. Sin embargo, este mismo genotipo presentó un porcentaje de agallamiento radical de 21.33% y fue clasificado como Resistente, según el índice de agallamiento obtenido y su correspondiente interpretación de acuerdo a la escala de Babatola (1980).

Cuadro 11. Porcentaje e índice de agallamiento radical en 40 genotipos de arroz a los 60 dd de la inoculación de 5,000 huevos y segundos estadíos juveniles (J2) de *M. salasi/macetero*. (N=4 repeticiones).

Genotipos	% de agall. radical	Indice agall. radical	Interpretación
Au 16677	72.00A*	5	S
Au 66996	70.00AB	5	S
Au 720	68.00A-C	5	S
Au 76301	64.67A-D	5	S
Au 18025	63.67A-E	5	S
Au 76303	62.33A-E	5	S
Au 9026	57.33A-F	5	S
Au 39158	55.33A-H	5	S
Au 53047	55.00A-H	5	S
Au 13737	50.67A-I	5	S
Au 59503	47.33B-J	4	MR
Au 70916	46.67B-K	4	MR
Au 66998	46.67B-K	4	MR
Au 50634	44.67C-L	4	MR
Au 13671	43.33D-L	4	MR

Au 19464	40.33 ^{E-M}	4	MR
Au 76299	38.33 ^{F-N}	4	MR
Au 16574	35.00 ^{F-N}	4	MR
Au 66906	33.33 ^{F-O}	4	MR
Au 19325	33.00 ^{G-O}	4	MR
Au 42103	32.67 ^{G-O}	4	MR
Au 72529	32.00 ^{G-O}	4	MR
Au 5324	31.67 ^{H-O}	4	MR
Au 25891	31.33 ^{H-O}	4	MR
Au 13705	31.00 ^{I-O}	4	MR
Au 5405	30.33 ^{I-O}	4	MR
Au 11627	30.00 ^{I-O}	4	MR
Au 55405	30.00 ^{I-O}	4	MR
Au 24096	28.33 ^{I-O}	4	MR
Au 8343	27.00 ^{I-O}	4	MR
Au 75205	26.00 ^{J-P}	4	MR
Au 26011	24.00 ^{J-P}	3	R
Au 52856	23.00 ^{K-P}	3	R
Au 16554	21.33 ^{L-P}	3	R
Au 19645	18.67 ^{M-P}	3	R
Au 14367	18.67 ^{M-P}	3	R
Au 19643	18.67 ^{M-P}	3	R
Au 19642	14.00 ^{OP}	3	R
Au 43287	8.67 ^P	3	R
Au 7689	8.67 ^P	3	R

C.V.= 19.5 * Valores con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$). S = Susceptibles; MR=Moderadamente Resistentes; R = Resistentes (Babatola 1980).

Entre los diez últimos genotipos de arroz que presentaron los menores promedios de peso fresco de raíces, solo dos genotipos corresponden a la categoría susceptible, cuatro a moderadamente resistentes y cuatro resistentes. La producción de raíces en los genotipos de arroz, parece no ser restringida por la presencia de nematodo. La relación entre ambas variables no fue estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$). Una alta proporción de raíces fibrosas fue observada en híbridos interespecíficos y especies de *Trifolium* que permanecieron como un buen hospedante de

Meloidogyne incognita. Esta evidencia fue vinculada a expresiones de tolerancia (Pederson y Windham 1989).

Algunos hospedantes vegetales como el Pimentón (*Capsicum annum*) y ají picante (*C. frutescens*) han manifestado mayor desarrollo de la masa radical, bastante ramificada y con agallas pequeñas ante la presencia de *Meloidogyne incognita*. Esta reacción del hospedante, podría estar ligada a mecanismos de tolerancia (Candanedo *et al.*, 1988).

El mayor volumen radical observado en tres líneas de tomate como reacción a la presencia de *Meloidogyne incognita* fue calificado como un buen indicativo de una tendencia a la tolerancia (Candanedo *et al.* 1990).

Los resultados obtenidos indican que el arroz puede reaccionar en forma diferente a como lo hacen las especies de *Trifolium* y algunas solanáceas ante la presencia de especies de nematodos agalladores.

Los índices de reproducción ($IR = Pf/Pi$) obtenidos, variaron significativamente ($p \leq 0.05$) entre los distintos genotipos de arroz (Cuadro 13). Estos IR se incrementaron con los aumentos en susceptibilidad y disminuyeron con los incrementos de resistencia de los genotipos de arroz.

Cuadro 12. Peso fresco promedio de raíces (g) en 40 genotipos de arroz a los 60 dd de la inoculación de 5,000 huevos y segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi/macetero* (N= 3 repeticiones).

Genotipos	Peso fresco de raíces (g)	Clasificación según Respuesta del Genotipo
Au 16574	21.83 ^{A*}	MR
Au 5405	21.40 ^A	MR
Au 52856	21.37 ^A	R
Au 8343	21.33 ^A	MR
Au 16677	20.20 ^{AB}	S
Au 13671	19.47 ^{A-C}	MR
Au 18025	19.03 ^{A-D}	S
Au 13705	18.87 ^{A-D}	MR
Au 9026	18.43 ^{A-E}	S
Au 70916	17.27 ^{A-F}	MR
Au 24096	16.53 ^{A-G}	MR
Au 25891	12.43 ^{A-H}	MR
Au 66906	11.93 ^{A-H}	MR
Au 76299	11.57 ^{A-H}	MR
Au 19464	10.60 ^{B-H}	MR
Au 19645	10.40 ^{B-H}	R
Au 720	9.53 ^{C-H}	S
Au 19325	9.30 ^{C-H}	MR
Au 7689	9.10 ^{C-H}	R
Au 50634	8.77 ^{D-H}	MR
Au 13737	8.73 ^{D-H}	S
Au 55405	8.37 ^{E-H}	MR
Au 53047	8.33 ^{E-H}	S
Au 42103	7.53 ^{F-H}	MR
Au 66996	7.07 ^{F-H}	S
Au 14367	6.67 ^{GH}	R
Au 11627	6.40 ^{GH}	MR
Au 76301	6.07 ^{GH}	S
Au 19643	6.03 ^{GH}	R
Au 59503	5.77 ^H	MR
Au 72529	5.07 ^H	MR
Au 39158	5.07 ^H	S
Au 5324	3.83 ^H	MR
Au 43287	3.43 ^H	R
Au 26011	3.43 ^H	R
Au 66998	3.27 ^H	MR
Au 19642	3.20 ^H	R
Au 75205	3.13 ^H	MR
Au 76303	2.87 ^H	S
Au 16554	2.57 ^H	R

C.V = 51.12 * Valores con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$). S = Susceptibles; MR=Moderadamente Resistentes; R = Resistentes (Babatola 1980).

Los genotipos de arroz que restringieron la reproducción de *M. salasi* en más del 90% fueron: Au 53047 (90.08%), Au 5324 (90.16%), Au 76303 (92.20%), Au 19643 (94.39%), Au 16554 (94.48%), Au 75205 (94.92%), Au 43287 (96.71%) y Au 19642 (98.26%). Estos ocho genotipos, fueron seleccionados de acuerdo al principio que establece que para el control práctico del nematodo agallador de raíz *Meloidogyne spp.*, un genotipo resistente debe restringir una gran proporción de la reproducción, generalmente 90% o más en comparación con los genotipos susceptibles de la misma especie (Taylor y Sasser 1983).

Cuadro 13. Índice de reproducción ($IR= Pf/Pi$) y respuesta del hospedante (% S y/o R) observada en 40 genotipos de arroz a los 60 dd de la inoculación de 5,000 huevos y segundos estadios juveniles (J2) de *M. salasi*/macetero (N=3 repeticiones).

Genotipos	IR=(Pf/Pi)	% S	% R	Respuesta
Au 8343	291.67A*	100.00	0.00	S**
Au 18025	252.25AB	86.48	13.52	S
Au 13671	238.68A-C	81.83	18.17	S
Au 9026	225.56A-C	77.83	22.67	S
Au 16677	219.72A-D	75.33	24.67	S
Au 25891	187.94A-E	64.44	35.56	S
Au 720	142.70A-F	48.92	51.08	ER
Au 24096	127.86A-F	43.84	56.16	ER
Au 16574	113.27A-F	38.83	61.17	ER
Au 14367	106.99A-G	36.68	63.32	ER
Au 19464	104.01A-G	35.66	64.34	ER
Au 5405	90.32A-G	30.97	69.03	ER
Au 66906	89.83A-I	30.80	69.20	ER
Au 13705	81.92A-I	28.09	71.91	ER
Au 72529	66.35A-J	22.75	77.25	MR
Au 39158	61.93A-J	21.23	78.77	MR
Au 13737	59.87A-J	20.53	79.47	MR

Au 7689	59.06 ^{A-J}	20.25	79.75	MR
Au 50634	58.13 ^{A-J}	19.93	80.07	MR
Au 70916	52.87 ^{E-J}	18.13	81.87	MR
Au 76299	52.07 ^{E-J}	17.85	82.15	MR
Au 76301	52.00 ^{E-J}	17.83	82.17	MR
Au 11627	50.36 ^{C-K}	17.27	82.73	MR
Au 19645	47.05 ^{D-K}	16.13	83.87	MR
Au 42103	43.25 ^{E-K}	14.83	85.17	MR
Au 26011	40.71 ^{E-K}	13.96	86.04	MR
Au 19325	37.83 ^{E-K}	12.97	87.03	MR
Au 66996	37.38 ^{E-K}	12.82	87.18	MR
Au 55405	35.06 ^{E-K}	12.02	87.98	MR
Au 52856	31.45 ^{E-K}	10.78	89.22	MR
Au 66998	30.01 ^{F-L}	10.29	89.71	MR
Au 59503	29.89 ^{F-L}	10.25	89.75	MR
Au 53047	28.94 ^{F-L}	9.92	90.08	R
Au 5324	28.69 ^{G-L}	9.84	90.16	R
Au 76303	22.75 ^{H-L}	7.80	92.20	R
Au 19643	16.35 ^{H-L}	5.61	94.39	R
Au 16554	16.09 ^{J-L}	5.52	94.48	R
Au 75205	14.81 ^{J-L}	5.08	94.92	R
Au 43287	9.61 ^{KL}	3.29	96.71	R
Au 19642	5.08 ^M	1.74	98.26	R

C.V. = 22.3 * Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$) Duncan a partir de valores transformados a $\log_{10}X$.

** S= Susceptible, ER= Escasamente resistente, MR= Moderadamente resistente y R= Resistente (Taylor 1967).

Se observó una correlación altamente significativa ($\alpha = 0.05$) con un $r = 0.63$ entre el peso fresco de raíces y el índice de reproducción de *M. salasi*.

Los genotipos que manifestaron menores pesos frescos de raíces, fueron los que expresaron menores índices de reproducción de *M. salasi*. Este hecho confirma algunos resultados que sugieren que los genotipos resistentes alteran su fisiología para el detrimento del nematodo. O bien, la penetración inicial del nematodo estimula una reacción de defensa en los genotipos resistentes que pueden

causar una reducción en el índice de reproducción del nematodo (Hadisoeganda y Sasser 1982).

Probablemente la menor producción de raíces frescas sea una reacción de defensa de algunos genotipos de arroz ante la presencia del nematodo agallador *M. salasi*.

La respuesta de los distintos genotipos de arroz al grado de susceptibilidad y/o resistencia a *M. salasi* fue estimada basado en la proporción de agallamiento radical e índice de reproducción del nematodo. Esta respuesta solo refleja la capacidad de *M. salasi* para reproducirse y evidenciar síntomas de agallamiento radical. Sin embargo, no permite cuantificar la magnitud de las pérdidas reales en rendimiento que podría ocasionar al cultivo. De allí que sea necesario confirmar el potencial de los genotipos identificados como resistentes, bajo condiciones de campo y en diferentes sistemas de producción (sistemas de secano, bajo riego o inundación).

V. CONCLUSIONES

1. El nivel crítico de 1.32 juvenil (J2) de *M. salasi*/cc de suelo no provocó daño al arroz var. Oryzica 1.
2. No hubo diferencias significativas entre las distintas opciones de control del nematodo. Sin embargo, el Terbufos 10G tendió a controlar mejor al nematodo en el corto plazo.
3. El ciclo del cultivo de 135 días fue un tiempo insuficiente para obtener evidencias sobre el impacto de las enmiendas en el control del nematodo.
4. Los distintos genotipos de arroz fueron diferentes en su respuesta hospedante al grado de susceptibilidad y/o resistencia ante el ataque de *M. salasi*.
5. La variabilidad encontrada en el porcentaje de agallamiento radical, peso fresco de raíces e índice de reproducción confirmó que los genotipos de arroz alteraron el comportamiento del nematodo.
6. Los grados de resistencia estimados en los distintos genotipos de arroz, constituyen proyecciones basadas en porcentaje de agallamiento radical e índice de reproducción de *M. salasi* obtenidas bajo condiciones de invernadero.

VI. RECOMENDACIONES

1. Determinar el nivel crítico de *M. salasi* que ocasionaría daño económico al cultivo del arroz y en particular a la variedad Oryzica 1 en las distintas zonas de producción.
2. Se recomienda el seguimiento y evaluación económica y agronómica del efecto residual de las enmiendas sobre el control del nematodo.
3. La aparente resistencia manifestada por los genotipos de arroz en condiciones de invernadero, deberá confirmarse bajo condiciones de campo y en términos de rendimiento.
4. El uso de genotipos de arroz resistentes al nematodo agallador *M. salasi*, constituye una alternativa promisorio para el manejo y control de este fitonematodo.
5. La identificación de genotipos de arroz resistentes a *M. salasi* sugiere que los mismos están a la disposición para incorporarse a los programas nacionales de mejoramiento genético del arroz.

VII. BIBLIOGRAFIA

- AL-HAZMI, A.S.; SCHMITT, D.P.; SASSER, J.D. 1982. Population dynamics of *Meloidogyne incognita* on corn grown in soil infested with *Arthrobotrys conoides*. *Journal of Nematology* 14(1):44-50.
- ALVARADO, M.; LOPEZ, R. 1981. Extracción de nematodos fitoparásitos asociados al arroz, cv. C.R. 1113, mediante modificaciones de las técnicas de centrifugación-flotación y embudo Baerman modificado. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)* 5(½):7-13.
- BABATOLA, J.D. 1980. Reactions of some rice cultivars to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Nematropica* 10(1):5-9.
- BADRA, T.; SALEH, M.A.; OTEIFA, B.A. 1979. Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments. *Revue Nématologie* 2(1):29-36.
- BECKER, J.O.; ZAVALETA-MEJIA, E.; COLBERT, S.F.; SCHROTH, M.N.; WEINHOLD, A.R.; HANCOCK, J.G.; VAN GUNDY, S.D. 1988. Effects of rhizobacteria en root-knot nematodes and gall formation. *Phytopathology* 78(11):1466-1469.
- BOUTON, J.H.; HUSSEY, R.S.; RAY SMITH, S. 1989. Greenhouse screening of alfalfa cultivars for resistance to southern root-knot nematode. *Crop Science* 29:823-825.
- CALVO, G.; SIMAN, J.J. 1992. Uso de presupuestos parciales de beneficio neto en la evaluación financiera de tecnologías de manejo integrado de plagas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 20p. (Mimeografiado).
- CANDANEDO, E.M.; PINOCHET, J.; ARANDA, G.; GRAY, B. 1988. Evaluación de germoplasma de pimentón y ají picante a *Meloidogyne incognita* en Panamá. *Nematropica* 18(2):87-91.
- CANDANEDO, E.M.; von LINDEMAN, G.; ARANDA, G.; GRAY, B. 1990. Evaluación de resistencia a *Meloidogyne incognita* raza 2 en germoplasma de tomate resistente a la marchitez bacteriana en Panamá. *Nematropica* 20(1):89-94.
- CHINDO, P.S.; KHAN, F.A. 1990. Control of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., on tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill., with poultry manure. *Tropical Pest Management* 36(4):332-335.

- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México, CIMMYT. 79p.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. 1990. Diseños experimentales. México, Trillas. 661p.
- CULBREATH, A.K.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G. 1984. An agar disk method for isolation of fungi colonizing nematode eggs. *Nematropica* 14(2):145-154.
- CULBREATH, A.K.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G. 1985. The use of hemicellulosic waste matter for reduction of the phytotoxic effects of chitin and control of root-knot nematodes. *Nematropica* 15(1):49-75.
- CULBREATH, A.K.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G. 1986. Chitin and *Paecilomyces lilacinus* for control of *Meloidogyne arenaria*. *Nematropica* 16(2):153-163.
- DE DATTA, S.K. 1986. Producción de arroz. Fundamentos y prácticas. Limusa, México. 690p.
- DROPKIN, V.H. 1980. Introduction to plant nematology. NY, Wiley. 293p.
- DUDASH, P.J.; BARKER, K.R. 1992. Host suitability and response of *Asparagus* cultivars to *Meloidogyne* species and races. *Journal of Nematology* 24(1):109-116.
- ELMILIGY, T.A.; NORTON, D.C. 1973. Survival and reproduction of some nematodes as affected by muck and organic acids. *Journal of Nematology* 5(1):50-54.
- ESMENJAUD, D.; VOISIN, R.; MINOT, J.C.; NOURRISSEAU, J.G. 1990. Multiplication of several *Meloidogyne* species (Nematoda) on cultivated asparagus. *Nematologica* 36:304-312.
- ESSER, R.P. 1983. *Monacrosporium lysipagum* infectin eggs masses of *Meloidogyne acrita*. *Journal of Nematology* 15(4):642-643.
- FERREIRA, P. 1993. Apuntes del curso de muestreo. Escuela de Posgrado-CATIE. Turrialba, Costa Rica. sp. (Mimeografiado).
- FIGUEROA, A. 1973. Estudio morfométrico y biológico sobre el nematodo cecidógeno del arroz *Hypsoperine* sp. (Nematoda: Heterodidae) y pruebas de susceptibilidad al mismo de once variedades y una línea de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 51p.

- GALLAHER, R.N.; McSORLEY, R. 1993. Population densities of *Meloidogyne incognita* and other nematodes following seven cultivars of cowpea. *Nematropica* 23(1):21-26.
- GARCIA, M.R.; RICH, J.R. 1985. Root-knot nematodes in north-central Florida soybean fields. *Nematropica* 15(1):43-48.
- GODOY, G.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; SHELBY, R.A.; MORGAN-JONES, G. 1983. Chitin amendments for control of *Meloidogyne arenaria* in infested soil. II. Effects on microbial population. *Nematropica* 13(1):63-74.
- GOMEZ, K.A. 1972. Techniques for field experiments with rice. Los Banos, Philippines. IRRI. 42p.
- GRIFFIN, G.D. 1985. Host-parasite relationship of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. *Journal of Nematology* 17(4):395-399.
- GRIFFIN, G.D. 1992. Comparative effects of two populations of *Meloidogyne chitwoodi* on *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. *Nematropica* 22:65-74.
- HADISOEGANDA, W.W.; SASSER, J.N. 1982. Resistance of tomato, bean, southern pea and garden pea cultivars to root-knot nematodes based on host suitability. *Plant Disease* 66(2):145-150.
- HARE, W.W. 1965. The inheritance of resistance of plants to nematodes. *Phytopathology* 55:1162-1167.
- HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Disease Reporter* 57(12):1025-1028.
- JACQ, V.A.; FORTUNER, R. 1979. Biological control of rice nematodes using sulfate reducing bacteria. *Revue Nématologie* 2(1):41-50.
- JATALA, P. 1986. Biological control of plant-parasitic nematodes. *Ann. Rev. of Phytopath.* 24:453-489.
- JENKINGS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation. Techniquen for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48(9):692.
- JOHNSON, L.F. 1971. Influence of oat straw and mineral fertilizer soil amendments on severity of tomato root knot. *Plant Disease Reporter* 55(12):1126-1129.
- JOHNSON, L.F.; SHAMIYEN, N.B. 1975. Effect of soil amendments on hatching of *Meloidogyne incognita* eggs. *Phytopathology* 65:1178-1181.

- KERRY, B.R. 1990. An assesment of progress toward microbial control of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology* 22(45):621-623.
- LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas. 270p.
- LOPEZ, R. 1984. *Meloidogyne salasi* sp. n. (Nematoda: Meloidogynidae), a new parasite of rice (*Oryza sativa* L.) from Costa Rica and Panama. *Turrialba (Costa Rica)* 34(3):275-286.
- MacGUIDWIN, A.E.; BIRD, G.W.; HAYNES, D.L.; GAGE, S.H. 1987. Pathogenicity and population dynamics of *Meloidogyne hapla* associated with *Allium cepa*. *Plant Disease* 71(5):446-449.
- MANKAU, R.; DAS, S. 1969. The influence of chitin amendments on *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 1(1):15-16.
- MIAN, I.H.; GODOY, G.; SHELBY, R.A.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G. 1982. Chitin amendments for control of *Meloidogyne arenaria* in infested soil. *Nematropica* 12(1):71-84.
- MIAN, I.H.; RODRIGUEZ-KABANA, R. 1982. Soil amendments with oil cakes and chicken litter for control of *Meloidogyne arenaria*. *Nematropica* 12(2):205-220.
- MIAN, I.H.; RODRIGUEZ-KABANA, R. 1982. Survey of the nematicidal properties of some organic materials available in Alabama as amendments to soil for control of *Meloidogyne arenaria*. *Nematropica* 12(2):235-246.
- MILLER, P.M.; SANDS, D.S.; RICH, S. 1973. Effect of industrial mycelial residues, wood fiber wastes, and chitin on plant-parasitic nematodes and some soilborne diseases. *Plant Disease Reporter* 57(5):438-442.
- MOURA, R.M.; DAVIS, E.L.; LUZZI, B.M.; BOERMA, H.R.; HUSSEY, R.S. 1993. Post-infectional development of *Meloidogyne incognita* on susceptible and resistant soybean genotypes. *Nematropica* 23(1):7-13.
- MULLER, R.; GOOCH, P.S. 1982. Organic amendments in nematode control. An examination of the literature. *Nematropica* 12(2):319-326.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1989. Control de nematodos parásitos de plantas. México, Limusa. 219p.
- NIBLACK, T.L.; HUSSEY, R.S. 1985. Extracción de nematodos del suelo y de tejidos vegetales. In *Fitonematología: Manual de Laboratorio*. B.M. Zuckerman; W.F. Mai, M.B.

- Harrison. Eds. Trad. N. Marbam M. CATIE, Costa Rica. 248p.
- O'BANNON, J.H.; SANTO, G.S. 1984. Effect of soil temperature on reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* on Rotation Plants. *Journal of Nematology* 16(3):309-312.
- OU, S.H. 1985. Diseases caused by nematodes. In *Rice Diseases*. S.H. OU, Ed. UK, CAB. p:337-364.
- PANAMA, DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO. 1992a. Panamá en cifras. 1987-1991. Panamá. 250p.
- PANAMA, DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO. 1992b. Censos nacionales. 1990. V Censo Agropecuario (21-28 abril, 1991) Vol. I Resultados Básicos. Panamá. 97p.
- PEDERSON, G.A.; WINDHAM, G.L. 1989. Resistance to *Meloidogyne incognita* in *Trifolium* interspecific hybrids and species related to white clover. *Plant Disease Reporter* 73(7):567-569.
- PHILIPPI, I.; BUDGE, A. 1992. Efectos de *Meloidogyne hapla* en plantas jóvenes de kiwi. *Nematropica* 22:47-54.
- POVEDA G., J.M. 1991. Determinación de la distribución y frecuencia de fitonematodos asociados al cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) y evaluación de las tácticas para combatir *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) (Chitwood) en la región de Azuero, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 79p.
- RICH, J.R.; HODGE, C.H. 1993. Utilization of blue crab scrap on compost to suppress *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematropica* 23(1):1-5.
- ROBERTS, P.A. 1992. Current status of the availability, development, and use of host plant resistance to nematodes. *Journal of Nematology* 24(2):213-227.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; JORDAN, J.W.; HOLLINGS, J.P. 1965. Nematodes: biological control in rice fields: role of hydrogen sulfide. *Science* 148:524-526.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; KING, P.S. 1980. Use of mixtures of urea and blackstrap molasses for control of root-knot nematodes in soil. *Nematropica* 10(1):38-44.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; GODOY, G.; MORGAN-JONES, G.; SHELBY, R.A. 1983. The determination of soil chitinase activity: conditions for assay and ecological studies. *Plant and Soil* 75:95-106.

- RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G.; OWNLWY GINTIS, B. 1984. Effects of chitin amendments to soil on *Heterodera glycines*, microbial populations and colonization of cysts by fungi. *Nematropica* 14(1):10-25.
- RODRIGUEZ-KABANA, R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology* 18(2):129-135.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G.; CHET, I. 1987. Biological control of nematodes: soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil* 100:237-247.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; BOUBE, D.; YOUNG, R.W. 1989. Chitinous materials from blue crab for control of root-knot nematode. I. Effect of urea and enzymatic studies. *Nematropica* 19(1):53-74.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; BOUBE, D.; YOUNG, R.W. 1990. Chitinous materials from blue crab for control of root-knot nematode. II. Effect of soybean meal. *Nematropica* 20(2):53-74.
- RODRIGUEZ-KABANA, R. 1992. Indicaciones para el procesamiento y utilización de caparazones de crustáceos (camarones) y su incorporación al suelo como enmienda quitinosa para el control de nematodos. Alabama, Auburn University. Correspondencia personal.
- ROHDE, R.A. 1965. The nature of resistance in plants to nematodes. *Phytopathology* 55:1159-1162.
- SANCHO, C.L. 1981. Patogenicidad de *Meloidogyne* sp. y determinación de este y otros nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en el Sureste de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 49p.
- SANCHO, C.L.; SALAZAR, L.; LOPEZ, R. 1987. Efecto de la densidad inicial del inóculo sobre la patogenicidad de *Meloidogyne salasi* en tres cultivares de arroz. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)* 11(2):233-238.
- SANTO, G.S.; O'BANNON, J.H. 1981. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* on Russet Burbank Potato. *Journal of Nematology* 13(4):483-486.
- SASSER, J.N. 1977. Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology* 9(1):26-29.
- SINGH, R.S.; SITARAMAIAH, K. 1966. Incidence of root knot of okra and tomatoes in oil-cake amended soil. *Plant Disease Reporter* 50(9):668-672.

- SPIEGEL, Y.; COHN, E. 1985. Chitin is present in gelatinous matrix of *Meloidogyne*. *Revue Nématologie* 8(2):184-186.
- SPIEGEL, Y.; COHN, E.; CHET, I. 1986. Use of chitin for controlling plant parasitic nematodes. I: Direct effects on nematode reproduction and plant performance. *Plant and Soil* 95:87-95.
- SPIEGEL, Y.; CHET, I.; COHN, E. 1987. Use of chitin for controlling plant-parasitic nematodes. II. Mode of action. *Plant and Soil* 100:237-247.
- SPIEGEL, Y.; COHN, E.; CHET, I. 1989. Use of chitin for controlling *Heterodera avenae* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Journal of Nematology* 21(3):419-422.
- SPIEGEL, Y.; COHN, E.; GALPER, S.; SHARON, E.; CHET, I. 1991. Evaluation of a newly isolated bacterium, *Pseudomonas chitinolytica* sp. nov., for controlling the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Biocontrol Science and Technology* 1:115-125.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1985. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Bogotá, McGraw-Hill. 622p.
- STIRLING, G.R. 1991. *Biological control of plant parasitic nematodes*. UK, CAB. 281p.
- TARTE, R. 1970. Reconocimiento de nematodos asociados con diversos cultivos en Panamá. *Turrialba (Costa Rica)* 20(4):401-406.
- TARTE, R. 1981. Informe sobre el progreso de las investigaciones para el Proyecto Internacional *Meloidogyne* en Panamá 1976-1978. In *Memorias de la Segunda Conferencia Regional de Planeamiento del Proyecto Internacional Meloidogyne. Región I. International Meloidogyne Project*. p:27-51.
- TAYLOR, A. L. 1967. *Introduction to research on plant nematology*. PL:CP/5. FAO, Rome.
- TAYLOR, A.L. 1968a. *Introducción a la nematología vegetal aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nematodos parásitos de las plantas*. Roma, FAO. 131p.
- TAYLOR, A.L. 1968b. Nematode problems of rice. In *Tropical Nematology*. Grover C. Smart, Jr. and V.C. Perry (Eds.) Gainesville, University of Florida. p:68-80.
- TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. 1983. *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulos de la raíz (Especies de Meloidogyne)*. EE.UU. Proyecto

- Internacional de *Meloidogyne*. Universidad del Estado de Carolina del Norte y AID. 111p.
- TRIANANTAPHYLLOU, A.C. 1975. Genetic structure of races of *Heterodera glycines* and inheritance of ability to reproduce on resistant soybeans. *Journal of Nematology* 7(4):356-364.
- TRUDGILL, D.L. 1991. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review Phytopathology* 29:167-192.
- VEGA, F.; LASSO, R. 1990. Determinación del tamaño y forma óptima de la parcela experimental en ensayos de variedades de arroz. *Revista Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 7:1-8.
- YIK, C-P.; BIRCHFIELD, W. 1979. Host studies and reactions of rice cultivars to *Meloidogyne graminicola*. *Phytopathology* 69(5):497-499.
- WATANABE, I.; ROGER, P.A.; LADHA, J.K; VAN HOVE, C. 1992. Biofertilizer germplasm collections at IRRI. Philippines, IRRI. 66p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Prácticas agronómicas para la producción de 1 ha de arroz en la finca Santa Rita de CEGRACO. Santa María, Herrera. Panamá. 1993.

Actividad	Descripción
1. Preparación del terreno	2-3 pases de rastra, trazado de curvas y canales de riego y drenaje
2. Variedad y densidad de siembra	Oryzica 1, 2.5 qq/ha(al voleo)
3. Fertilización	5 qq/ha abono completo 11-18-30 5 qq/ha urea
4. Control de malezas	Facet 0.5 Kg P.C./ha + Propanil 1 G P.C./ha (post-emergencia)
5. Control de insectos	300 cc P.C./ha GANA-C 1 l P.C./ha Sumithion
6. Control de enfermedades	2.5 Kg P.C./ha Vondocarb (2-3 aplic. aéreas)
7. Riegos	Sistema de gravedad

Anexo 2. Escala de evaluación para estimación del índice de agallamiento en el sistema radical de arroz (*Oryza sativa* L.) provocado por el nematodo agallador *Meloidogyne salasi*.

Valores para clasificar el agallamiento	Porcentaje de raíces agalladas
1 = Inmune, sin agallamiento	-
2 = Altamente resistente	0-5
3 = Resistentes	6-25
4 = Moderadamente resistentes	26-50
5 = Susceptibles	51-75
6 = Altamente susceptibles	76-100

Fuente: J.D. Babatola. 1980. *Nematropica* 10(1):5-9.

Anexo 3. Características físico-químicas del campo 825 de la finca Santa Rita de CEGRACO, Santa María, Herrera. (N= 4 repeticiones).

Características	Cantidades
Arena	34%
Limo	29%
Arcilla	37%
pH	4.65%
Materia orgánica	1.58%
Fósforo	1.88 µg/ml.
Potasio	53.73 µg/ml.
Calcio	37.5 meq/100ml.
Magnesio	6.63 meq/100ml.
Aluminio	1.18 meq/100ml.
Manganeso	4.5 µg/ml
Hierro	18.3 µg/ml.
Zinc	trazas
Cobre	0.17 µg/ml.

Análisis realizado por el laboratorio de Suelo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Anexo 4. Principales elementos analizados en la enmienda gallinaza. (N= 4 repeticiones).

Elementos	Contenido %
N	1.81
P ₂ O ₅	3.0
K ₂ O	1.96

Análisis realizado por el Laboratorio de Suelos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Anexo 5. Principales elementos analizados en la enmienda quitinosa obtenida a partir de caparazones de camarones, secos y molidos. (N= 4 repeticiones).

Elementos	Contenido %
Carbono	29.0
Hidrógeno	4.7
Nitrógeno	4.3

Análisis realizado por La Universidad de Bielefeld, Alemania.

Anexo 6. Características físico-químicas del suelo proveniente de Pacora (Panamá), utilizado en experimento de respuesta hospedante de 40 genotipos de arroz al ataque de *M. salasi*.

Características	Cantidades
Arena	84%
Limo	12%
Arcilla	4%
pH	6.1%
Materia orgánica	1.74%
Fósforo	41.3 µg/ml.
Potasio	55.0 µg/ml.
Calcio	0.6 meq/100ml.
Magnesio	0.2 meq/100ml.
Aluminio	trazas
Manganeso	trazas
Hierro	11.7 µg/ml.
Zinc	trazas
Cobre	3.5 µg/ml.

Análisis realizado por el laboratorio de Suelo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Anexo 7. Costos unitarios de aplicación e insumos utilizados en el ensayo de nematicidas y enmiendas orgánicas.

Productos	Costos unitarios* (US \$)	Costos de aplicación (US \$)
Terbufos 10G	20.51/Kg i.a.	0.20/Kg p.c.
Ethoprop 15G	31.60/Kg i.a.	0.20/Kg p.c.
Gallinaza	28.66/ton	0.66/ton
Quitina	0.55/Kg	0.05/Kg

* Los costos incluyen el transporte a la finca Santa Rita, Santa María, Herrera, Panamá.

Costo de incorporación de la enmienda con tractor = US \$ 16.00/ha