

CONTROL QUIMICO Y BIOLOGICO DEL NEMATODO MELOIDOGYNE

SP. EN CAÑA DE AZUCAR

(Saccharum officinarum)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

CONTROL QUIMICO Y BIOLÓGICO DEL NEMATODO

MELOIDOGYNE SP. EN CAÑA DE AZÚCAR

(Saccharum officinarum)

LUIS RODOLFO ARROYAVE MOSCOSO

Trabajo de investigación presentado para optar al título
de Ingeniero Agrónomo en el grado académico
de Licenciado en Ciencias Agrícolas

Guatemala
1984

Vo. Bo.

(f) _____
Ingeniero Agronomo Marcelo Velasquez
Asesor

Tribunal:

(f) _____
Ing. Agr. O. Vinicio Hernandez (Ms.Sc.)

(f) _____
Ms.Sc. Julio Roberto Tejada

(f) _____
Ing. Agr. Marcelo Velasquez

Fecha de aprobación:

Agradezco la valiosa colaboración de las instituciones y personas que me ayudaron a realizar este trabajo:

Mi padre, Dr. Rodolfo Arroyave Cerna;

Mi madre, Dra. Celina Moscoso de Arroyave;

Mi esposa, Myrna Garrido de Arroyave;

Mis hijos, Rodolfo José y Anelly;

Mi abuelo, Lic. José María Moscoso Espino;

Mi abuela, Dolores Duarte de Moscoso (Q.E.P.D.);

Mis hermanos, Susana y Alfonso;

Ing. Agr. Marcelo Velásquez;

Ms.Sc. Julio Tejada;

Ing. Agr. Marco Tulio Urizar;

Ing. Agr. Vinicio Hernández;

Lic. Jorge Matute;

Al Departamento Agrícola del Ingenio Los Tarros.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
A. Descripción morfológica de la caña de azúcar	3
B. Nemátodos de la caña de azúcar observados en la región cañera de Guatemala	5
C. Morfología de un nemátodo	5
D. Morfología de los nemátodos del género <u>Meloidogyne</u>	8
1. Ciclo vital del nemátodo	9
2. Hábitos alimenticios	12
E. Factores del suelo que afectan a los nemátodos	12
F. Síntomas principales de la infestación de nemátodos	13
G. Control	13
H. Métodos de control	14
1. Rotación de cultivos	14
2. Inundación	15
3. Desección	15
4. Plantas antagonicas y cultivos trampa	16
5. Abonamiento orgánico	16

	Página
6. Variedades resistentes	16
7. Control químico	17
a. Nematicur	18
b. Furadan	18
c. Vydate L	19
8. Control biológico	19
a. Hongos predadores y endozoicos	20
i. <u>Paecilomyces lilacinus</u>	20
III. MATERIALES Y METODOS	23
A. Descripción general del área experimental	23
B. Material experimental	23
C. Metodología experimental	24
1. Diseño experimental	24
2. Tratamientos evaluados	24
3. Variables investigadas	24
4. Manejo del experimento	25
a. Preparación del inóculo <u>Paecilomyces lilacinus</u>	25
b. Preparación para la aplicación de <u>Paecilomyces lilacinus</u> al campo	26
c. Selección del suelo	26
d. Selección de la semilla de caña	27
e. Siembra	27

	Páginas
f. Riego	27
g. Limpia	28
h. Aplicación de los tratamientos	28
i. Muestreos	28
5. Método de análisis de muestras y determinación de poblaciones de nemátodos	29
6. Análisis estadístico	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	31
A. Efecto nematicida de los tratamientos sobre las poblaciones de <u>Meloidogyne</u> sp	31
1. Análisis estadístico de poblaciones	31
a. Análisis de varianza	31
b. Comparación de medias para poblaciones de <u>Meloidogyne</u>	34
B. Efecto de los productos nematicidas en la altura de la caña de azúcar	34
C. Efecto de los tratamientos sobre el peso húmedo y seco de la caña de azúcar	34
D. Análisis de costos para los tratamientos aplicados	36
V. CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFIA	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Páginas
1 Poblaciones iniciales del nemátodo <u>Meloidogyne</u> sp por tratamiento en 100 gramos de suelo	33
2 Poblaciones finales del nemátodo <u>Meloidogyne</u> sp por tratamiento en 100 gramos de suelo	33
3 Alturas de las plantas obtenidas por tratamiento; en centímetros	35
4 Resultados obtenidos para peso húmedo y seco de plantas en gramos	35
5 Costo por hectárea para cada tratamiento aplicado	37

LISTA DE FIGURAS

Figura		Páginas
1	Morfología del típico nemátodo parásito de plantas	6
2	Morfología del área anterior y posterior de un nemátodo parásito en plantas	7
3	Nemátodo del género <u>Meloidogyne</u> sp	10
4	Ciclo vital del nemátodo	11
5	<u>Paecilomyces lilacinus</u> visto al microscopio	22

RESUMEN

El control biológico de nemátodos está siendo estudiado tanto en Guatemala como en otros países del mundo, con la finalidad de evitar la infestación del suelo, controlar daños a cultivos y mantener un equilibrio ecológico. Con el propósito de evaluar los efectos de un hongo predador de nemátodos, descubierto en el Perú, utilizado en papa, se realizó un estudio de comparación entre hongo y tres nematicidas utilizados en la agricultura, y sus nombres comerciales son: Furadan 10% G, Nemacur 10% G y Vydate L. El diseño experimental empleado, fue el de bloques completos al azar y como datos de comparación se tomaron: medidas de población de nemátodos, alturas, peso húmedo y peso seco de plantas de caña de azúcar.

Los resultados se sometieron al análisis de varianza y comparación de medias por el método de la Diferencia Mínima Significativa, D. M.S.

Con base a los resultados, se concluyó que no existe diferencia significativa al 0.01 entre el control químico y el control biológico, y en este último se recomienda la dosis de 290 Kg/ha, la cual no tiene ninguna diferencia estadísticamente significativa con las otras dosis utilizadas en el control de poblaciones de nemátodos, alturas, peso húmedo y peso seco de la caña de azúcar.

I. INTRODUCCION

La caña de azúcar es uno de los principales cultivos agroindustriales de Guatemala, en donde existe un área cultivada de aproximadamente 68,165 hectáreas. A pesar de los privilegios en la producción de campo, se sabe que para obtener resultados satisfactorios en la industria azucarera, es necesario poner atención a todos y cada uno de los factores involucrados en la producción cañera. Por esta razón es que las investigaciones se han proyectado hacia nuevas disciplinas incluyendo el estudio de los nemátodos como una de las plagas de la caña de azúcar, la cual ha empezado a despertar interés entre los productores de nuestro país.

En Guatemala, el conocimiento que se tiene sobre los nemátodos como una plaga de la caña de azúcar es poco, y a excepción de algunos trabajos aislados, no existen otros reportes de incidencia y control de los mismos. Los nemátodos son probablemente los organismos multicelulares más numerosos del mundo, y se encuentran en todo lugar capaz de soportar vida. Generalmente pasan desapercibidos dado que la mayoría de fitoparasíticos son pequeñísimos, entre 0.2 y 3.0 mm; lo cual no permite verlos más que con microscopio. Varias especies viven en los mares, aguas dulces, suelos, plantas y animales.

Es difícil cuantificar los daños causados por los nemátodos en los cultivos de todo el mundo, pero se puede afirmar que cada cultivo en

todo país puede estar afectado o expuesto al ataque de nemátodos.

Este estudio podrá ofrecer a todos los agricultores y técnicos que estan involucrados en el cultivo de la caña, una referencia sobre dos de los métodos utilizados en el control de los nemátodos, como son el químico y el biológico; comparando algunos de los productos comerciales que estan a la venta en el mercado y un hongo con características nematicidas específicas para el género Meloidogyne sp.

Los objetivos del presente trabajo son:

- A. Determinar el efecto de cada uno de los tratamientos sobre las poblaciones presentes de nemátodos.
- B. Seleccionar el o los tratamientos estadísticamente superiores, en términos de control de poblaciones de nemátodos.
- C. Evaluar el efecto del hongo Paecilomyces lilacinus, que actúa como predatos del nemátodo Meloidogyne sp.

La hipótesis planteada, para ser probada a nivel de campo fué la siguiente: los tratamientos aplicados son igualmente eficientes para el control de poblaciones de nemátodos en los suelos cañeros.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Descripción morfológica de la caña de azúcar

Las principales partes de la planta de la caña de azúcar son el tallo, la hoja, la inflorescencia, la raíz y el rizoma, constituido este último por la parte subterránea del tallo (6).

La caña de azúcar tiene un tallo sólido compuesto de un conjunto de entrenudos separados por nudos. En su parte subterránea y en la base de la planta, son cortos, siendo de mayor longitud en toda la parte media del tallo para luego disminuir de tamaño en forma rápida a medida que se acercan al punto de crecimiento. El tallo es de sección transversal circular u oval, y la forma y longitud media de los entrenudos es distinta para las diferentes variedades. Su color depende también de la variedad pudiendo ser verde, amarillo, morado, pardo rojizo o con franjas. En algunas ocasiones una capa densa cerosa les puede dar una tonalidad blanquizca. Las yemas están generalmente ocultas en forma parcial o total por las bases de las hojas. Adyacente a las yemas se presentan dos o más hileras de puntos translúcidos colocados en una franja de coloración clara alrededor del tallo, éstos constituyen el primordio radicular. La característica de la caña más prominente, está constituida por las hojas largas y angostas que pueden crecer, hasta 100 cm. de longitud y uno 8 cm. de ancho (6).

La parte inferior de la hoja, con frecuencia envuelve al tallo.

La inflorescencia es una panícula terminal que contiene innumerables y pequeñísimas flores perfectas en sus ejes laterales (6).

En el caso de la caña de azúcar, como en otros cultivos, los genetistas producen material genético de alto potencial de producción para condiciones óptimas de cultivo; sin embargo, los rendimientos comerciales obtenidos con estos mismos materiales están bajo el rendimiento potencial. Esto se debe a que las condiciones ambientales no son las apropiadas y a que no se hacen las prácticas culturales correctas para evitar los factores negativos que impiden la expresión del potencial genético. Lo ideal sería que el rendimiento comercial se aproximara al máximo del potencial genético. Para lograr ésto, la condición necesaria es que las prácticas culturales necesarias para llegar a esta meta sean rentables y de calidad (6).

Dentro de los factores adversos al potencial genético están las plagas, las que asociadas con otros factores tienen consecuencias deprimentes en algunos casos.

Las plagas que atacan a la caña de azúcar en Guatemala tienen im-portancia y sus daños son conocidos por técnicos y agricultores en al-gunos casos. Una de las plagas a la que se está poniendo interés ac-tualmente por considerarse de bastante peligro son los nemátodos.

Los nemátodos integran uno de los grupos de animales invertebrados de mucha entidad en el habitat del suelo, porque causan notables enfer-medades en plantas y son un factor limitante en el rendimiento de mu-chos cultivos. Un gran número de nemátodos parasíticos están asociados

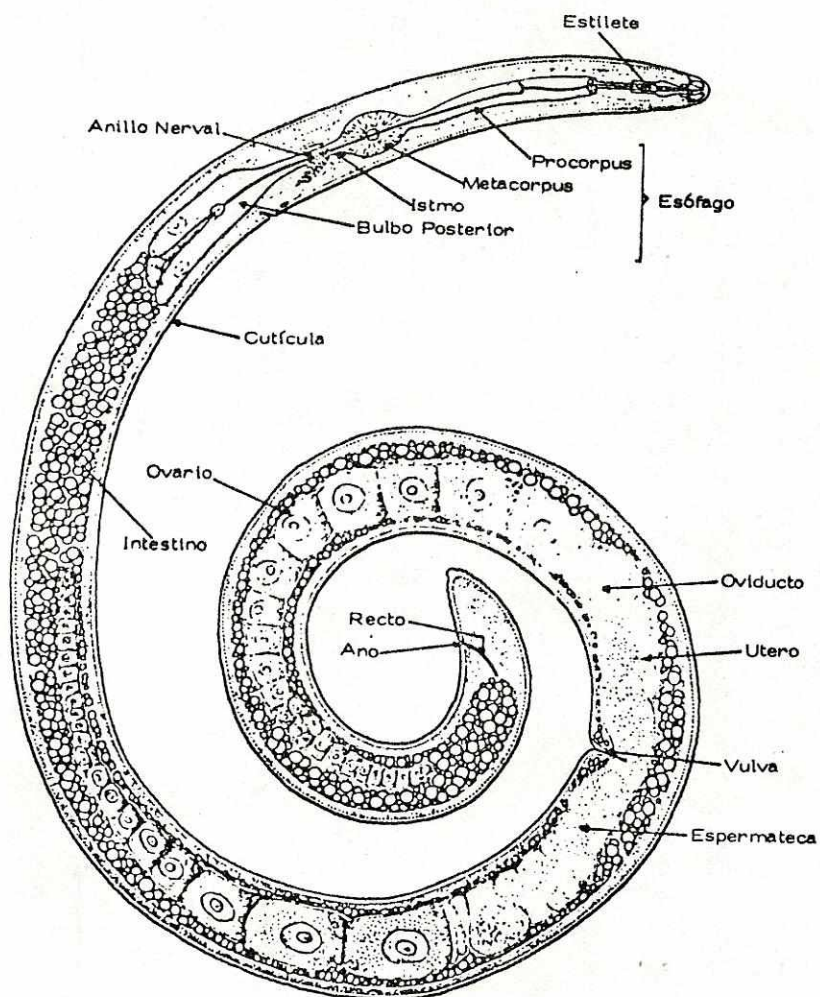
con la caña de azúcar donde ésta se cultiva.

B. Nemátodos de la caña de azúcar observados en la región cañera de Guatemala.

En la región cañera de Guatemala se han reconocido 13 géneros de nemátodos asociados a la caña de azúcar. Estos son: Hoplolaimus sp, Totylenchus sp, Meloidogyne sp, Criconemoides sp, Hemicycliophora sp, Dolichodorus sp, Belonolaimus sp, Aphelenchus sp, Aphelenchides sp, Dorylaimus sp, Longidorus sp, Xiphinema sp y Trichodorus sp (10).

C. Morfología de un nemátodo.

Los nemátodos poseen dos tipos de músculos, los somáticos y los músculos especializados. El principal centro del sistema nervioso, llamado anillo, rodea al esófago en la región del istmo, en donde también se encuentra los ganglios asociados. El sistema digestivo es tubular y está dividido en tres principales regiones: esófago, intestino y recto. El orificio oral anterior o terminal, casi siempre está rodeado por varios tipos de estructuras de labios, órganos sensoriales, papilas, y el estilete, órgano éste que utiliza el nemátodo para penetrar y alimentarse de las células de las plantas. El sistema excretorio se abre al exterior por un poro saturado en la zona ventral, más o menos a nivel del anillo nerval (10). Figuras 1 y 2.



Helicotylenchus sp

Fig. 1. Morfología del típico nemátodo parásito de plantas.

Fuente: Nemátodos observados en la caña de azúcar en Guatemala.
Tejada, J.R.

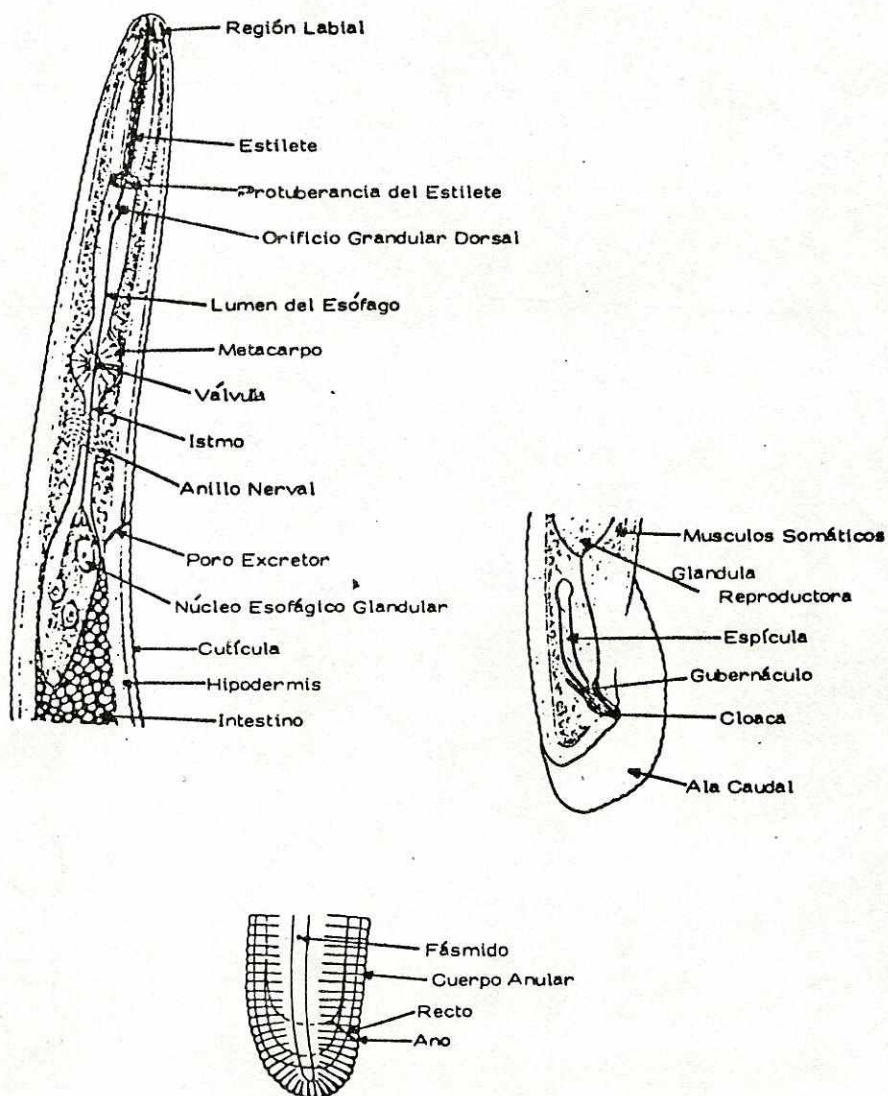


Fig. 2. Morfología del área anterior y posterior de un nemátodo parásito en plantas.

Fuente: Nemátodos observados en la caña de azúcar en Guatemala.

Tejada, J.R.

D. Morfología de los nemátodos del género Meloidogyne.

Los nemátodos son gusanos redondos o filiformes no segmentados. Tienen cuerpo cilíndrico que en la madurez pueden tener forma variada en el caso de las hembras, como de pera, limón o de riñón. Tienen una longitud que varía desde 0.5 mm hasta 3 mm y un diámetro de 0.01 a 0.5 mm (8).

Generalmente se considera que los nemátodos tienen simetría bilateral. No tienen color y se ven más o menos como cuerpos transparentes. No tienen sistema circulatorio ni respiratorio. El cuerpo de un nemátodo está cubierto de una cutícula de múltiples capas, la cual tiene varias marcas superficiales. Subyacente a la cutícula está la hipodermis, la cual es una capa delgada unicelular. El principal centro del sistema nervioso, llamado anillo, rodea al esófago en la región del istmo, en donde también se encuentran los ganglios asociados (8).

Tienen un marcado dimorfismo sexual. Las hembras adultas como peras con cuello alargado, tienen seis labios marcados por esclerotización. Los labios laterales marcadamente más grandes que los submedianos. Estilete esbelto con bulbos medianos usualmente de doce o veinticinco anillos posteriores a la región labial. Vulva terminal o subterminal. Apertura del ano en la hembra con cruzamiento anular simple, formando un patrón circular más o menos variable en la región perineal. Los huevos no se retienen en el cuerpo, pero se depositan en una matriz gelatinosa. Las hembras usualmente endoparasíticas, causan formaciones de agallas en las raíces de la mayoría de las plantas hospederas, son parásitos obligatorios (5).

Los machos alargados de forma cilíndrica tienen la región labial con o sin anulaciones distintas, teniendo una estructura como de tapa. La apertura de los anfidios como cuchillada. Hay seis radios presentes en el esqueleto cefálico. Labios laterales mucho más grandes que los submedianos. Estilete fuertemente desarrollado con nudos basales bien formados. Espículas y gubernáculo presentes. Uno o dos testículos, estriados hacia fuera, algunas veces reflejados en el final distal (5). Fig 3.

1. Ciclo vital del nemátodo

Aunque las diferentes especies de nemátodos de los nódulos radiculares difieren entre sí, en sus relaciones huesped-parásito y, sin duda, en diversas características fisiológicas, todas ellas tienen substancialmente el mismo ciclo de vida (4). Fig 4.

Las larvas de Meloidogyne sp, recién incubadas, que se encuentran libres en los suelos, son pequeños gusanos delgados de 0.4 a 0.5 milímetros de longitud. Se hallan en el segundo estado larvario, habiendo mudado una vez mientras estaban aún dentro del huevo. Estas larvas pueden entrar a cualquier parte del vegetal que se encuentre en contacto con el suelo húmedo y en la cual pueda hacerlo, aunque su estilete no sea muy poderoso. Muchas de ellas entran en los extremos de las raicillas o cerca de los extremos de éstas. Son parásitos sedentarios y, una vez que se alojan dentro de los tejidos de la planta, no se mueven ni cambian de posición. El macho es un parásito sedentario únicamente durante su desarrollo larvario (4).

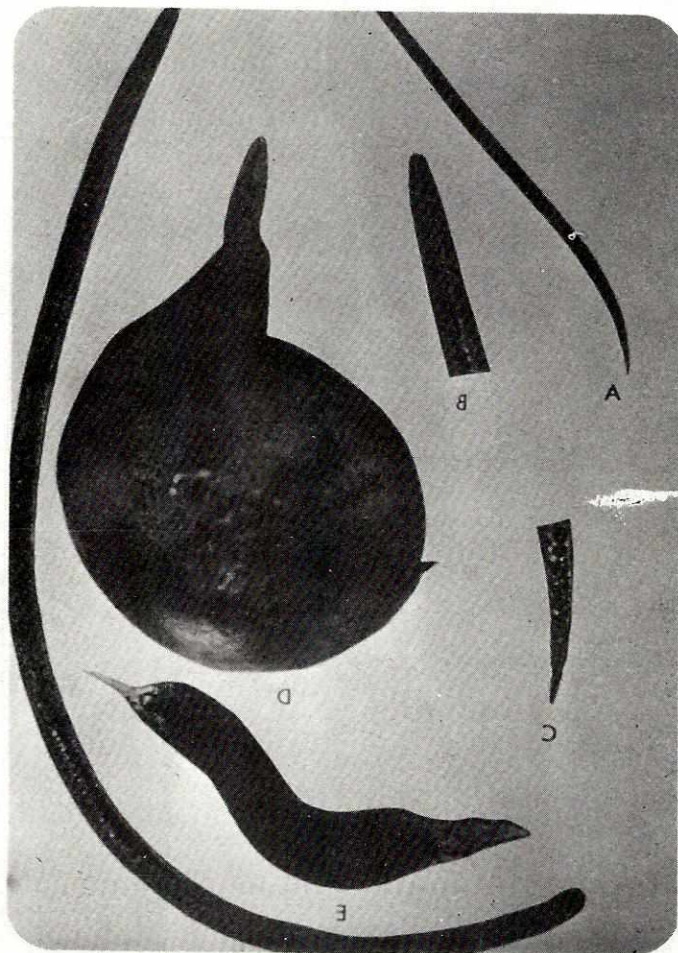


Figura 3. Nemátodo del género Meloidogyne sp.

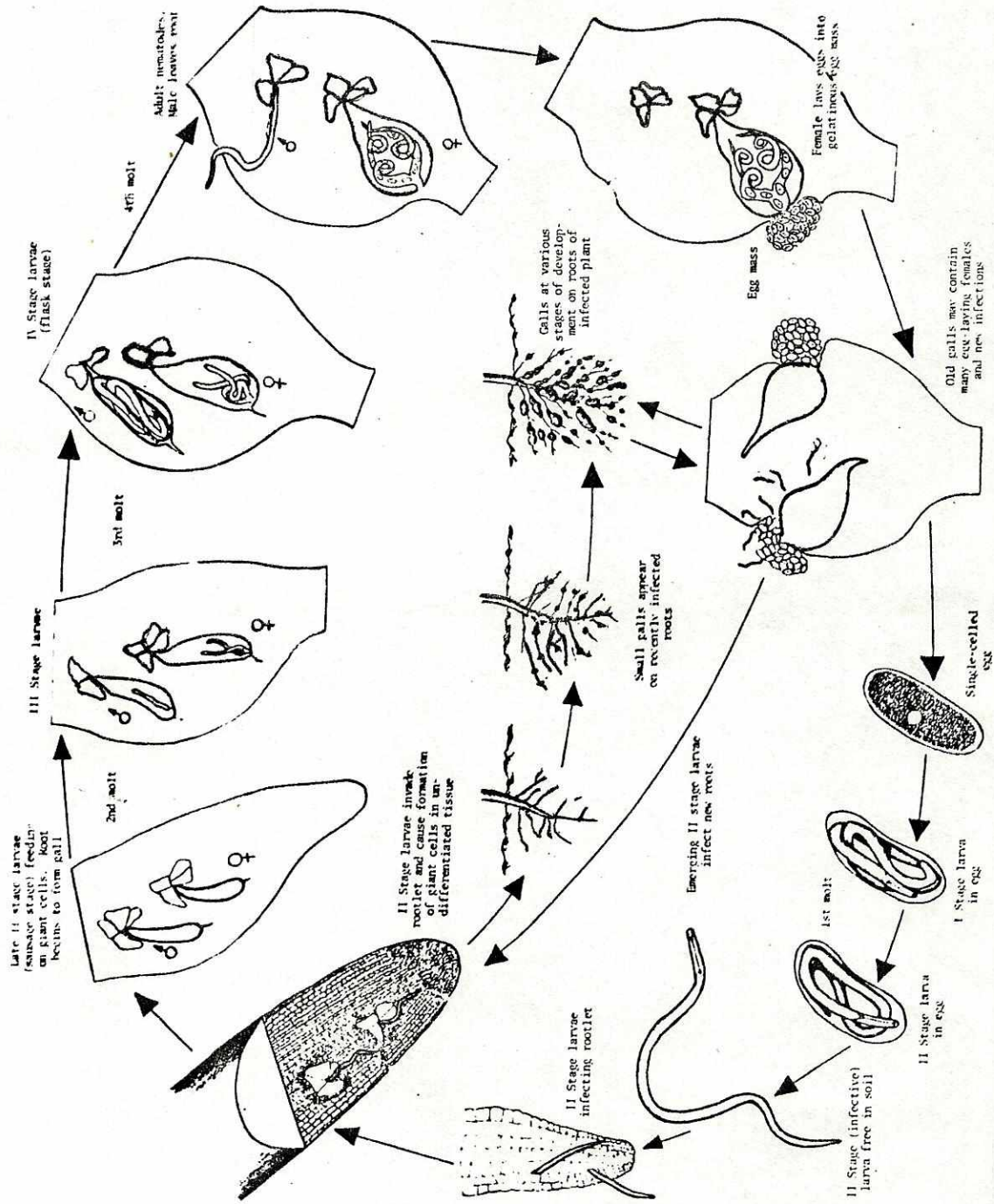


Fig. 4. Ciclo de vida de un nemátodo.

Fuente:

2. Hábitos alimenticios

Las larvas se alimentan en cierto grado, antes de penetrar en el tejido vegetal, a expensas de las células epidérmicas de la raíz, pero una vez que se han establecido dentro de éste, se convierten en parásitos sedentarios, incapaces de moverse. La alimentación se limita a las células que rodean su cabeza. Bajo la influencia del estímulo que provoca la secreción que inyectan por medio del estilete, se forman las llamadas células gigantes, que hablando estrictamente, no son células sino masas de protoplasma, más o menos desnudas de las que se alimentan los nemátodos. La formación de células gigantes o masas de protoplasma, no es el único efecto que producen estos parásitos en los tejidos que los rodean. La proliferación e hipertrófia de las células corticales da por resultado la formación de las conocidas dilataciones o vesículas (4).

E. Factores del suelo que afectan a los nemátodos

Debido a que el habitat de los nemátodos es el suelo, los principales factores que afectan a éste pueden influir directa o indirectamente en la severidad del daño causado por los nemátodos. Los más importantes son: la temperatura, humedad, textura del suelo, aireación y química del suelo (8).

Otros factores que afectan el crecimiento de las plantas, también afectan a los nemátodos. Además, la resistencia de las plantas y malezas que albergan nemátodos son factores directamente relacionados con el aumento de la población y la severidad de los daños causados por

éstos (8).

F. Síntomas principales de la infestación de nemátodos

Las áreas de daño producidas por nemátodos fitoparásitos en las partes subterráneas, son reducciones de las raíces, lesiones y raíces mutiladas, así como tumefacciones, alargamientos y torsiones de la parte radicular. Estos daños no solo inhiben el crecimiento de las partes aéreas, sino influyen perjudicialmente en el rendimiento y calidad en los grupos de plantas cultivadas. Los daños en las partes aéreas como consecuencia del ataque a las raíces pueden ser manifestados por clorosis foliar y síntomas de marchitamiento durante las horas calurosas del día (8).

G. Control

El combate de los nemátodos es una tarea difícil. La búsqueda de medios económicos y eficaces para combatirlos es uno de los campos más activos de la nematología (7). El objetivo básico en control de las especies de *Meloidogyne* sp, es económico; para así incrementar la calidad y cantidad de la cosecha que se puede producir. Los procedimientos siempre implican reducir la población de nemátodos o hacerla menos infectiva de lo que podría ser (7).

El control de una población de nemátodos significa reducirla con ayuda de uno u otro método a un nivel tan bajo, que el daño no pasa de ser insignificante o económicamente aceptable. Una vez que el campo

esta infestado de nemátodos ya no es prácticamente posible la erradicación, pero si la reducción de pérdidas para un control permanente de la población (8). Los efectos evidentes del control en un determinado cultivo son los rendimientos más elevados, lográndose ventajas adicionales no fácilmente cuantificables y de beneficios a largo plazo. Algunas de éstas son: el control de nemátodos puede evitar daños diversos causados por organismos del suelo; hongos, bacterias y virus. El sistema sano permite el aprovechamiento máximo de la humedad y los nutrientes existentes en el suelo.

El control de nemátodos da lugar a un mejor desarrollo y a un crecimiento más uniforme de las plantas cultivadas; y resulta con menos riesgo que se corre a los gastos totales invertidos en el cultivo de una especie vegetal (4).

H. Métodos de control

1. Rotación de cultivos

Las prácticas de rotación constituyen un medio eficiente y ampliamente practicado para reducir las poblaciones de nemátodos en el suelo. Para que éstas medidas tengan un resultado satisfactorio, hay que alternar las plantas cultivadas, que constituyen hospederas favorables para los nemátodos a combatir, con otras plantas huéspedes no susceptibles (4). En las medidas de rotación hay importantes limitaciones para la eficiencia de su aplicación; por un lado, el grado de eficiencia del control depende del nivel de resistencia de las plantas utilizadas en la rotación y del número de años en los que se plantan

especies vegetales resistentes en recurrencia con plantas susceptibles (4).

2. Inundación

Cuando el agua es abundante y los campos nivelados, es posible algunas veces el control de especies de Meloidogyne sp por inundación de la tierra a una profundidad de 10 cm. o más, por varios meses (9). Esta práctica fue utilizada hace muchos años y últimamente se ha encontrado que no es recomendable por el alto costo requerido para mantener los campos inundados. Además, para que la práctica sea eficaz hay que mantener los suelos inundados por largos períodos; para el caso de Meloidogyne se necesita un período de inundación de uno a dos años. El efecto de la inundación, es el producto de varios factores; inanición, asfixia y toxicidad producida por los compuestos químicos que se forman en condiciones anaeróbicas (7).

3. Desección

En algunos climas las poblaciones de Meloidogyne sp de los campos pueden ser reducidas por barbechos a intervalos de dos a cuatro semanas durante la estación seca. Esto expone los huevos y larvas a la desecación y mueren muchos en las capas superficiales del suelo. Esto podría ser suficiente para incrementar significativamente el rendimiento de un cultivo susceptible (9).

4. Plantas antagónicas y cultivos trampa

En la naturaleza existen plantas que pueden utilizarse para atrapar nemátodos y algunas que exudan sustancias tóxicas que los combaten. Las plantas que atrapan nemátodos o sea las que llamamos cultivos trampa, son de dos tipos; las que permiten la reproducción del nemátodo y las que impiden que el organismo se desarrolle y se reproduzca. El otro tipo que se han usado en la lucha contra los nemátodos son las antagónicas o plantas que exudan sustancia tóxica, tales como Tagetes patula y I.s erecta (7).

5. Abonamiento orgánico

Mediante la aplicación de materia orgánica al suelo se obtiene una reducción considerable de los nemátodos fitoparasíticos. La materia orgánica fomenta la multiplicación de nemátodos saprófitos, de hongos predadores y otros organismos. Pero a pesar de su eficiencia, no es práctico a gran escala debido a las grandes cantidades de materia orgánica por hectárea para lograr buenos resultados (7).

6. Variedades resistentes

El carácter selectivo de los nemátodos, su diseminación lenta, la persistencia en el suelo y los costos relativamente altos de control mecánico y químico hacen que la creación de variedades de plantas resistentes y tolerantes de las comercialmente importantes resulta atractiva desde el punto de vista económico. Las informaciones disponibles hasta la fecha dan a conocer que la resistencia a los nemátodos depende

de los factores fisiológicos de naturaleza bastante compleja (4).

El desarrollo de variedades resistentes a nemátodos continúa, lo que indudablemente, va a dar por resultado la obtención de muchas plantas que muestren resistencia o tolerancia a ciertas especies de estos organismos. No obstante, la mayoría de campos presenta muchas especies de nemátodos parásitos de varios géneros, y una variedad vegetal que posee resistencia a una sola especie, puede ser dañada por otra (9).

7. Control químico

El uso de sustancias químicas o nematicidas es el medio que más comúnmente se utiliza para combatir los nemátodos. Se estima que una de las razones para que su uso sea común y efectivo es su acción rápida y eficaz. Los nematicidas más importantes se dividen en tres grupos generales: hidrocarburos halogenados, organofosforados y carbamatos. Los hidrocarburos halogenados son generalmente fumigantes y en su mayoría son tóxicos a las plantas. Los organofosforados y carbamatos son de fabricación reciente, su acción es generalmente por contacto o ingestión. Muchos de ellos poseen una acción residual bastante larga y tienen características sistémicas, por lo que pueden aplicarse a plantas en pleno desarrollo. Su acción no solo se limita a eliminar nemátodos sino que también poseen algunas veces propiedades como insecticidas y acaricidas (7).

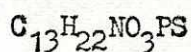
La ventaja del control químico en comparación con otros métodos reside en el hecho que la población existente queda reducida a una densidad muy insignificante pocos días después de aplicado el producto.

Otra ventaja del control químico reside en el hecho que diversos nematocidas actualmente usados son de eficacia polifacética, controlando además hongos, bacterias y otro tipo de fitoparásitos. Y como desventaja se menciona que todo producto nematocida requiere para su aplicación y buen funcionamiento, de ciertas condiciones en el suelo como temperatura, humedad y cuidados en la utilización (4).

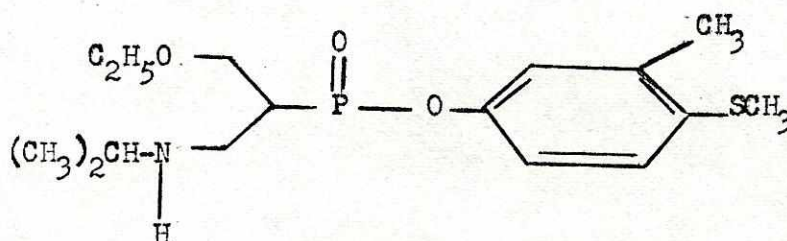
Algunos productos nematocidas usados y sus características son:

a. Nemacur

El Nemacur contiene como sustancia activa el ácido O-etil-O-(3-metil-4-metiltiofenil)-isopropilamido fosfórico. La designación del grupo es Phenamiphos, su fórmula bruta:

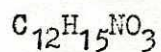


y su fórmula estructural es:

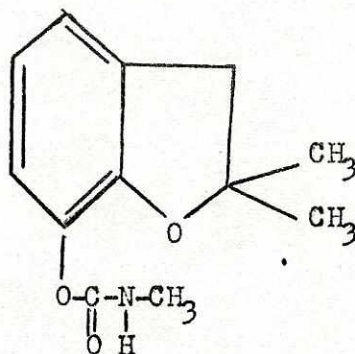


b. Furadan

El Furadan está incluido dentro del grupo de los carbamatos, y su nombre común es Carbofuran. Su nombre químico es 2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil-carbamato. Su fórmula bruta es:

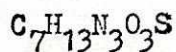


su fórmula química o estructural es:

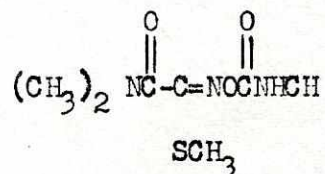


c. Vydate L.

El Vydate L es otro integrante del grupo de los Carbamatos. Su ingrediente activo es el Oxamil metil N', N'-dimetil-N-(Metilcarbamoyl)-1-tiooximidato. Su fórmula bruta es:



y la fórmula química o estructural es:



8. Control biológico

A pesar de que hay evidencia de que los nemátodos son atacados por diferentes tipos de organismos, los resultados encontrados usando medios biológicos son contradictorios, indicando que se necesita de más información (7). Entre la lista de organismos predadores se inclu

yen hongos, nemátodos, tubelarias, enquitridos, insectos y ácaros. Entre la lista de organismos parásitos se incluyen virus, protozoarios, bacterias y hongos (9).

a. Hongos predadores y endozoicos

Dos tipos de hongos matan nemátodos: atrapadores de nemátodos y parásitos endozoicos. Los hongos atrapadores capturan a los nemátodos por medio de redes adhesivas, nudos adhesivos pegados a las redes de hifas por ramas laterales cortas, y anillos hifales, algunos de los que se contraen para capturar los nemátodos que tratan de pasar a través de ellos. Entre los géneros de hongos más conocidos son Arthrobotrys, que tienen anillos contráctiles y redes adhesivas, y Dactylella, que tienen anillos o argollas y nudos adhesivos. Los hongos atrapadores de nemátodos raramente producen alguna toxina que mata a éste para luego invadirlo, aunque si existen en los suelos tales tipos de hongos (9).

Entre los hongos predadores más recientemente aislados tenemos:

i. Paecilomyces lilacinus

El Paecilomyces lilacinus es del grupo de los Hipomicetos y del género Paecilomyces cuya característica principal es que las conidias y ramas son más divergentes que en el Penicillium. Las conidias, phialosporas, se encuentran en cadenas con formas de pétalos basales (2), Fig. 5.

Vale mencionar que en estudios utilizando el hongo P. lilacinus para controlar Meloidogyne incognita, se han tenido magníficos resultados utilizando tratamientos tales como; aplicación de nematicidas, aplicación de P. lilacinus y una combinación de nematicida y P. lilacinus (1).

Este hongo penetra en los huevos de los nemátodos destruyendo el embrión, y también ataca a las hembras en desarrollo, y se multiplica dentro de ellas produciéndoles la muerte. Como consecuencia a que los huevos de los nemátodos del nódulo de la raíz se encuentran depositados en una masa gelatinosa en la superficie de la raíz, son frecuentemente destruídos. Si grandes cantidades de huevos y hembras son así destruídas, en las generaciones subsiguientes sólo un número limitado de nemátodos se desarrollan. P. lilacinus sobrevive por lo menos un año en el suelo. Este hongo se desarrolla a temperaturas altas, de 20° a 30°C, y en una amplia gama de niveles de acidez del suelo, de modo que pudiera ser un factor importante bajo condiciones de climas tropicales donde los nemátodos del nudo de la raíz son comunes (3).

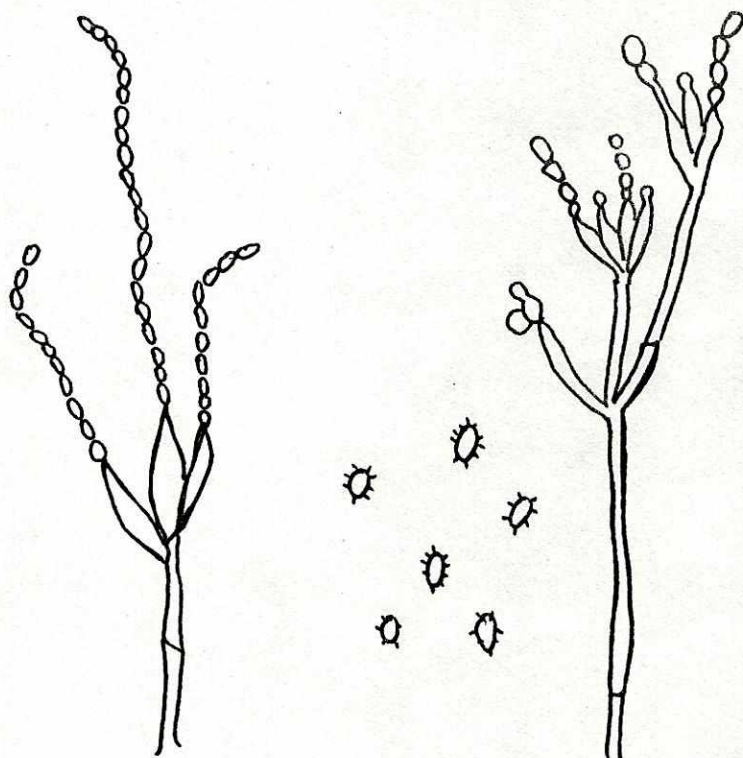


Fig. 5. Paecilomyces lilacinus visto al microscopio.

Fuente: The Hughes-Tobaki-Barrow Sistem of Classification.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Descripción general del área experimental

El presente trabajo, se realizó en la finca Las Margaritas, localizada en el municipio de La Democracia, departamento de Escuintla, a 95.5 kilómetros de la ciudad capital por la carretera que conduce a Sipacate.

El experimento se llevó a nivel de invernadero, teniendo éste un área de 40 metros cuadrados con paredes de nylon y estructura de madera. La temperatura máxima media fué de 35°C, y la mínima media de 22°C.

B. Material experimental

Para hacer la comparación entre el control químico y biológico del nemátodo del género Meloidogyne, se utilizó la variedad de caña de azúcar CP 57-603. Las principales características de esta variedad, son: ciclo vegetativo normal de 12 meses, caña de crecimiento erecto, entre nudos largos y gruesos, de color amarillento, hojas bastante erectas y anchas.

Los productos nematicidas usados como tratamientos fueron el Furdan 10% granulado, Nemacur 10% granulado y el Vydate L, líquido. Como control biológico se utilizó semilla de trigo inoculada con el hongo Faecilomyces lilacinus en 3 dosis diferentes. Estos comparados con un testigo al cual no se le aplicó nada.

C. Metodología experimental

1. Diseño experimental

Para probar la hipótesis a nivel de invernadero, se utilizó, el diseño de bloques completos al azar, con cinco repeticiones. El área de cada unidad experimental consistió en una maceta con capacidad para 40 kilogramos de suelo areno-arcilloso. Las macetas fueron colocadas a una distancia de 40 centímetros una de otra.

2. Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron en su totalidad aplicados 15 días después de la siembra de los esquejes, y son:

- tratamiento 1; Nematicur 10% G, 32.5 Kg/ha (50 lb/Mz),
- tratamiento 2; Vydate L, 28 lt/ha (5.17 Gl/Mz),
- tratamiento 3; Furadan 10% G, 12 Kg/ha (18.45 lb/Mz),
- tratamiento 4; Paecilomyces lilacinus 290 Kg/ha (4.44 qq/Mz),
- tratamiento 5; Paecilomyces lilacinus, 430 Kg/ha (6.6 qq/Mz),
- tratamiento 6; testigo y
- tratamiento 7; Paecilomyces lilacinus, 360 Kg/ha (5.5 qq/Mz).

3. VARIABLES INVESTIGADAS

Las variables investigadas y cuantificadas fueron en primer lugar, la población de nemátodos existente en las macetas al momento de la siembra, a los 45 y 90 días después de aplicados todos los tratamientos. Otra variable cuantificada fue la altura de las plantas al final

del experimento o sea a los 105 días de sembrado. Al mismo tiempo se tomaron muestras de la parte aérea total de la planta de caña de azúcar para establecer su peso húmedo y peso seco y así hacer una comparación entre altura, peso seco y peso húmedo.

4. Manejo del experimento

a. Preparación del inóculo Paecilomyces lilacinus

El trabajo se inició en el laboratorio al aislar el hongo P. lilacinus proveniente de un cultivo de arena. El siguiente proceso fué utilizando:

i. Se agitó el embase conteniendo el cultivo de arena y ascépticamente se colocó un gramo en un tubo de ensayo conteniendo nueve mililitros de agua esterilizada y destilada.

ii. Ya mezclado se tomó un mililitro de ésta solución para añadirlo a otro tubo de ensayo conteniendo nueve mililitros de agua esterilizada y destilada.

iii. Se repitió el punto ii.

iv. Se pusieron dos o tres gotas de la solución proveniente de la tercera dilución en un plato conteniendo un medio de agar, papa y dextrosa.

v. El punto cuatro puede ser repetido usando la dilución del tubo número dos, o nuevas soluciones pueden ser hechas para obtener colonias individuales.

b. Preparación para la aplicación de Paecilomyces lilacinus al campo.

i. Se remojaron semillas de trigo por doce horas en agua limpia. Después de éste período se secaron con papel o tela, colocándolas después en un recipiente para ser esterilizadas en un auto-clave por 50 minutos.

ii. Se agregaron 5 mililitros de agua esterilizada en los platos conteniendo colonias que tengan Paecilomyces lilacinus de diez a catorce días. Se agitó para hacer una suspensión de esporas, teniendo cuidado de no romper el medio de cultivo.

iii. Se recolectó la suspensión de esporas de varios platos en una botella esterilizada, e inocule el trigo ya esterilizado, con varios mililitros de ésta suspensión. Se dejó crecer el hongo en los granos de trigo a temperatura ambiente. Se agitó el recipiente conteniendo el trigo, todos los días, para promover un crecimiento uniforme del hongo.

iv. Después de catorce días de inoculado el trigo, hubo suficiente crecimiento del hongo para la aplicación en el campo.

c. Selección del suelo

Para seleccionar el suelo a usar en las unidades experimentales, se muestrearon varios lugares infestados de nemátodos, y de ésta manera se escogió el suelo utilizado en el estudio por tener una población predominante de Meloidogyne sp. Los otros géneros presente, Hoplo-

laimus y Griconemoides, estaban en un nivel tan bajo, que el posible daño causado por éstos es despreciable. Además en las unidades experimentales los muestreos reportaron que el género Meloidogyne predominaba en un 98 por ciento sobre los otros géneros presentes.

d. Selección de la semilla de caña

La semilla de caña seleccionada fué de la variedad CP 57-603, utilizando esquejes de 7 meses de edad. La semilla utilizada fué en trozos conteniendo una sola yema con aproximadamente 5 centímetros de entrenudo a los extremos. La selección se realizó principalmente tomando en cuenta su buen estado fitosanitario y la presencia de yemas sanas. No se hizo ningún tipo de tratamiento curativo a la semilla o esquejes.

e. Siembra

Para la siembra se llenaron las macetas con tierra infestada de nemátodos con un peso medio para las macetas de 40 kilogramos. Posteriormente a esto se regaron con agua pura todas las unidades experimentales durante 3 días, previos a la siembra, únicamente para mantener un buen grado de humedad. La siembra consistió en colocar 4 yemas por maceta, a una profundidad de 4 cm. y cubriéndolas con una ligera capa de suelo.

f. Riego

Para mantener la humedad a un nivel adecuado para el desarrollo de nemátodos y el crecimiento de la caña, se añadió agua de riego

cada tres días, aplicando láminas aproximadamente 2.5 cm. (una pulgada) cada vez durante los 105 días que duró el experimento.

g. Limpia

Para evitar la competencia de agua y nutrientes, entre la caña y las malezas, se hicieron dos limpiezas manuales y una remoción de tierra con un palín de mano lavado con agua caliente al ser utilizado en cada maceta.

h. Aplicación de los tratamientos

Esta se realizó a los 15 días de sembrados los esquejes. Para la aplicación de cada tratamiento se utilizó un palín manual que sirvió para incorporar los nematicidas y el grano de trigo a una profundidad aproximada de 3 cm.

i. Muestreos

La determinación de niveles poblacionales de nemátodos se realizó a los 45 y 90 días de aplicados los tratamientos, se usó un palín de mano y bolsas de nylon con capacidad para 2.27 Kg. Cada muestra consistió de 1 kilogramos de suelo, identificadas con numeración correlativa en cinta adhesiva. En el caso de la toma de alturas en las plantas, se utilizó una cinta métrica graduada en centímetros y pulgadas. Para obtener el peso húmedo o biomasa aérea y el peso seco de las plantas se usó un machete corriente, bolsas de papel y cinta adhesiva. La balanza utilizada para obtener ambos pesos es de la marca Ohaus, con

capacidad para 2 Kg; y el horno en que se secaron las muestras estaba calibrado para extraer la humedad de las plantas de caña de azúcar en 48 horas a una temperatura de 80°C.

5. Método de análisis de muestras y determinación de poblaciones de nemátodos.

Para el análisis de las muestras se utilizó el laboratorio de Nematología de la compañía FMC Internacional, sucursal Guatemala. El material empleado de ese laboratorio fué: una refrigeradora calibrada entre 5° y 10°C, un microscopio Tausch & Lomb, una centrífuga clínica IEC, una balanza, una licuadora, cedazos de tamiz números 35, 100, 200 y 325, dos recipientes de plástico, un colador, un cuchillo, un contador digital para laboratorio, tubos de centrífuga de 75 cc cada uno, una aguja de disección, una bomba de aire para acuario y cristalería. El método usado para el análisis de las muestras de suelo fué el de Tamizado de Cobb y Centrifugado de Jenkins. Posteriormente al procesado de las muestras de suelo, éstas se llevaron a un volumen de 25 cc, obteniéndose una alicuota de 2 cc para efectuar los conteos de nemátodos en camarillas cuadrículadas de igual capacidad.

6. Análisis estadístico

A los resultados experimentales que se obtuvieron en promedio para cada tratamiento y repetición, en cuanto a poblaciones de nemátodos, alturas, peso húmedo y peso seco, se les aplicó un análisis de varianza para probar la hipótesis planteada. Se compararon las medias

de cada tratamiento por el método de la diferencia mínima significativa (D.M.S.), mediante la fórmula siguiente:

$$D. M. S. = t (\alpha (0.05), G.L.E.) \sqrt{\frac{2 C.M.E.}{\text{No. de repeticiones}}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Efecto nematocida de los tratamientos sobre las poblaciones de Meloidogyne sp.

El control de la población de nemátodos del género Meloidogyne, presentó diferente respuesta en relación a los tratamientos aplicados comparados con el testigo. Entre los tratamientos aplicados no hubo diferencia estadística significativa, por lo cual se acepta la hipótesis planteada.

Como se muestra en el Cuadro 2 las medias de las poblaciones finales de cada tratamiento difieren una de otra en cuanto a la cantidad de nemátodos presentes en 100 gramos de suelo. Aún cuando esta diferencia no es estadísticamente significativa, sí da una panorámica de los resultados obtenidos con los tratamientos químicos comparados con los biológicos, ya que en ambos casos el control de nemátodos fué efectivo. Las poblaciones de nemátodos bajaron considerablemente en comparación con el muestreo inicial realizada que se muestra en el Cuadro 1.

1. Análisis estadístico de poblaciones

a. Análisis de varianza

En los resultados del análisis de varianza practicado para las poblaciones finales del Cuadro 2, se presentó una diferencia

significativa al 0.01 entre tratamientos. Esto evidencia que la respuesta de las poblaciones de nemátodos a la acción de los productos nematicidas, fué diferente en términos de control conduciendo este análisis a rechazar la hipótesis planteada.

Cuadro 1. Poblaciones iniciales del nemátodo Meloidogyne sp por tratamiento en 100 gramos de suelo.

Tratamientos	Promedio
Testigo	93.6
<u>P. lilacinus</u> 430.0 Kg/ha	348.4
Nemacur 10% G, 32.5 Kg/ha	273.0
Furadan 10% G, 12.0 Kg/ha	322.4
<u>P. lilacinus</u> 290.0 Kg/ha	335.4
Vydate L 28.0 lt/ha	387.4
<u>P. lilacinus</u> 360.0 Kg/ha	650.0

Cuadro 2. Poblaciones finales del nemátodo Meloidogyne sp por tratamiento en 100 gramos de suelo.

Tratamientos	Promedio
6. Testigo	150.6 a
5. <u>P. lilacinus</u> 430 Kg/ha	31.2 b
1. Nemacur 10% G, 32.5 Kg/ha	29.0 b
3. Furadan 10% G, 12.0 Kg/ha	20.8 b
4. <u>P. lilacinus</u> 290.0 Kg/ha	12.4 b
2. Vydate L 28.0 lt/ha	5.2 b
7. <u>P. lilacinus</u> 360.0 Kg/ha	0.0 b

b. Comparación de medias para poblaciones de Meloidogyne

Debido a que en el análisis de varianza se produjo una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, se procedió a realizar una comparación de medias de tratamientos, mediante el método de la diferencia mínima significativa, con el propósito de determinar los mejores tratamientos. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 2. En donde se observa que los tratamientos aplicados no son superiores unos a otros, o sea que los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 7 son estadísticamente iguales y todos superiores en su efecto sobre las poblaciones de nemátodos comparados con el testigo.

B. Efecto de los productos nematicidas en la altura de la caña de azúcar.

A pesar de que sí hay diferencia en las alturas finales de los tratamientos, ésta no se muestra estadísticamente significativa al 0.01. Aunque en la caña de azúcar una diferencia de altura no necesariamente significa una variación en peso. Así que no se puede decir que hubo efecto significativo de los tratamientos sobre la caña en su crecimiento. Las alturas medias para cada tratamiento pueden observarse en el Cuadro 3.

C. Efecto de los tratamientos sobre el peso húmedo y peso seco de la caña de azúcar.

Referente a los pesos obtenidos, los resultados indican en el

Cuadro 3. Alturas de las plantas obtenidas por tratamiento; en centímetros.

Tratamientos	Promedio
<u>P. lilacinus</u> 360 Kg/ha	116.0 a
Furadan 10% G, 12.0 Kg/ha	104.2 a
Testigo	95.0 a
Vydate L, 28.0 lt/ha	94.0 a
<u>P. lilacinus</u> 290.0 Kg/ha	89.0 a
<u>P. lilacinus</u> 430.0 Kg/ha	80.2 a
Nemacur 10% g, 32.5 Kg/ha	69.4 a

Cuadro 4. Resultados obtenidos para peso húmedo y seco de plantas en gramos.

Tratamientos	Promedio Peso Húmedo	Promedio Peso Seco
<u>P. lilacinus</u> 360.0 Kg/ha	603.02	118.86
Furadan 10% g, 12.0 Kg/ha	556.5	126.40
<u>P. lilacinus</u> 290.0 Kg/ha	413.54	93.00
Testigo	404.00	93.34
<u>P. lilacinus</u> 430.0 Kg/ha	398.48	97.84
Vydate L, 28.0 lt/ha	368.98	92.02
Nemacur 10% G, 32.5 Kg/ha	271.85	65.46

caso de pesos húmedos que hay diferencias numéricas, pero no significativa al 0.01. En caña de azúcar se puede decir que pequeñas variaciones de peso en un tallo significan altas distinciones en áreas grandes; aunque la diferencia experimental no sea estadísticamente significativa. Para el caso de los pesos secos las desigualdades tampoco resultaron ser estadísticamente significativas y sus valores numéricos en las medias son muy uniformes. Estos valores medios para cada tratamiento pueden verse en el Cuadro 4.

D. Análisis de costos para los tratamientos aplicados

Los costos totales para cada uno de los tratamientos aplicados, se muestran en el Cuadro 5, en donde se observa una gran diferencia de valores, siendo el menor Q 38.01 y el mayor Q 414.68. Esto no indica que el más caro sea el mejor, porque a pesar que no se tuvo diferencia significativa en el control de la población de nemátodos, sí hubo desigualdades numéricas, suficiente para observar la eficiencia de cada producto nematicida.

Si se toma en cuenta el período del efecto residual de cada producto utilizado y se compara con el costo; éste último puede variar. El caso de Paecilomyces lilacinus, que tiene un costo bastante elevado respecto a los otros productos químicos usados, pero comparando el período del efecto residual en el suelo se tiene que P. lilacinus puede vivir en el suelo por lo menos un año, y los productos químicos tienen una residualidad media de 60 a 90 días, o sea una cuarta parte que la del hongo, entonces el costo de P. lilacinus es más bajo que el de los productos químicos utilizados en este estudio.

Quadro 5. Costo por hectárea para cada tratamiento aplicado.

Tratamientos	Costo/ha Q
Vydate L, 28.0 lt/ha	414.68
<u>P. lilacinus</u> 430 Kg/ha	79.77
Nemacur 10% G, 32.5 Kg/ha	78.65
<u>P. lilacinus</u> 360.0 Kg/ha	70.04
<u>P. lilacinus</u> 290.0 Kg/ha	60.31
Furadan 10% G, 12.0 Kg/ha	38.00
Testigo	0.0

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos e hipótesis planteada y los resultados obtenidos y discutidos en el presente trabajo, se puede concluir que:

- A. El estudio permitió evaluar los efectos del control biológico, usando el hongo Paecilomyces lilacinus, en comparación con el método comunmente usado con productos químicos, no observando ninguna diferencia significativa en el control de la población del nemátodo Meloidogyne sp.
- B. El uso de éste hongo, con características nematicidas, tiene grandes posibilidades de utilizarse en áreas de cultivos intensivos debido al tipo de vehículo utilizado para aplicarlo.
- C. Habiendo control de poblaciones de nemátodos en el caso de todos los tratamientos aplicados, y no tener diferencias significativas respecto a alturas y producción de material vegetativo, todos los tratamientos fueron efectivos. Las poblaciones de nemátodos existentes al inicio no fueron críticas en lo referente a causar daños, esto hace que no sea rentable prevenir el perjuicio con la aplicación de cualquier producto nematicida. Por tal razón es aconsejable determinar el umbral económico antes de la aplicación de cualquier producto para no incurrir en costos que no traen ningún beneficio.

D. En este estudio la dosis de 290 Kg/ha de trigo inoculado con Paecilomyces lilacinus, resultó no tener ninguna diferencia significativa con las dosis de 360 Kg/ha y 430 Kg/ha por lo que resulta más rentable.

E. Económicamente, al momento de la inversión, resulta más alto el costo de aplicar Paecilomyces lilacinus que; Nematicur 10% G y que Furadan 10% G. Pero tomando en cuenta su residualidad, éste costo se diluye resultando en un valor bastante bajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Control biológico del nemátodo, v. 7, No. 3, Perú, 1979. 3 p.
2. Un hongo como control biológico del nemátodo del nódulo de la raíz, v. i, No. 10, Perú, 1980. 3 p.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Informe anual 1979. Lima, CIP, 1980. 134 p.
4. CHRISTIE, J.R. Nemátodos de los vegetales, su ecología y control. México, Limusa, 1982. 276 p.
5. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Control de nemátodos parásitos de plantas. v. 4. Traducción por J. Mesa. México, Limusa, 1978. 219 p.
6. OCHSE, J.J. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. v. 2. Mexico, Limusa 1974. 1536 p.
7. ROMAN, J. Fitonematología tropical. Puerto Rico, estación experimental Río Piedras, 1978. 256 p.
8. SASSER, J.N. et al. Pflanzenschutz nachrichten Bayer. Farbenfabriken Bayer, 1971. 201 p.
9. TAYLOR, A.L. y SASSER, J.N. Biología, identificación y control de los nemátodos del nódulo de la raíz. Carolina del Norte, Universidad de Carolina del Norte, 1983. 111 p.
10. TEJADA, J.R. Nemátodos observados en la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Asociación de azucareros de Guatemala, 1982. 16 p.