

CONTROL DEL NEMATODO *Pratylenchus coffeae*  
Filipjev 1936, DE LA RAIZ DEL CAFETO MEDIANTE  
EL CULTIVO ACOMPAÑADO DE PERICON (*Tagetes*  
*lucida*) Y DE FLOR DE MUERTO (*Tagetes erecta*  
L:Asteraceae)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología

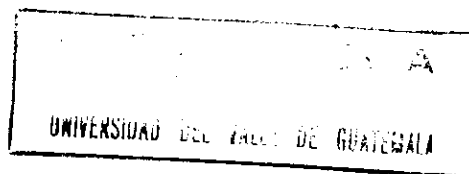
CONTROL DEL NEMATODO *Pratylenchus coffeae*  
Filipjev 1936, DE LA RAIZ DEL CAFETO MEDIANTE  
EL CULTIVO ACOMPAÑADO DE PERICON (*Tagetes*  
*lucida*) Y DE FLOR DE MUERTO (*Tagetes erecta*  
L:Asteraceae)

FRANCOIS HERRERA JACQUELIN


Trabajo de investigación presentado para  
optar al grado académico de Licenciado en  
Biología

Guatemala

1993

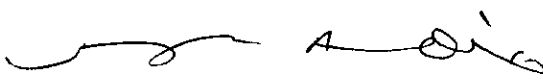


Vo. Bo.:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Charles MacVean  
Asesor

Tribunal:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Charles MacVean

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctora Margaret Dix

(f)   
\_\_\_\_\_  
Licenciado Ronaldo Pérez

Fecha de aprobación: 5 de noviembre de 1993

A mi familia y a mis amigos

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración de las siguientes personas cuya contribución hizo posible la realización de este estudio: Charles MacVean, Rodolfo Ortiz, Helda Morales, Ronaldo Pérez, Elfriede de Pöll, Margaret Dix, Michael Dix, Orlando Arjona, Irina Göehler, Dale Krigsvold, Santiago Rodríguez, el personal de la finca el Naranjito, el personal del ICTA de Chimaltenango, el Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala y ANACAFE.

## CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
A. Generalidades sobre nemátodos	2
B. Biología y daños de nemátodos del género <i>Pratylenchus</i>	5
C. Manejo tradicional de los nemátodos y sus efectos negativos	6
D. Resistencia de los nemátodos	11
E. Descomposición de los nematicidas	11
F. Importancia de las alternativas al control químico	12
G. Propiedades nematicidas y medicinales de <i>Tagetes</i>	14
H. Composición química de los exudados nematicidas de <i>Tagetes</i>	18
I. Justificación del estudio	19
II. OBJETIVOS	22
III. METODOLOGIA	24
A. Diseño y montaje en el campo	24
B. Germinación de <i>Tagetes</i>	30
C. Distribución de bloques en el campo	31

	Páginas
D. Colecta de muestras	32
E. Extracción y análisis de muestras	34
IV. DISEÑO ESTADISTICO	37
V. RESULTADOS	40
A. Diversidad de nemátodos	40
B. Cafetos jóvenes vs. adultos	43
C. <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes y adultos	43
D. <i>P.coffeae</i> en cafetos adultos	47
E. <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes	48
VI. DISCUSION	55
VII. CONCLUSIONES	65
VIII. RECOMENDACIONES	66
IX. LITERATURA CITADA	67
X. APENDICES	76
A. Formulario de campo	76
B. Forumulario de laboratorio	77
C. Calendario de actividades	78
D. Pruebas estadísticas	81

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Páginas
1    Tratamientos del diseño	25
2    Densidades de nemátodos fitoparásitos	40
3    Prueba de Tukey para comparar géneros de nemátodos fitoparásitos	42
4    ANDEVA de <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes y adultos	46
5    ANDEVA de <i>P.coffeae</i> en cafetos adultos	48
6    ANDEVA de <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes	50
7    Contrastes ortogonales para <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes	51
8    Prueba de MDS (10%) para <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes	51
9    Prueba de MDS (15%) para <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes	52
10   ANDEVA para los géneros de nemátodos fitoparásitos	81
11   Prueba de K-S para las densidades brutas de <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes y adultos	82
12   Prueba de K-S para el area bajo la curva de <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes y adultos	83

13	Prueba de K-S para densidades de <i>P.coffeae</i> transformadas ( $\log(x+1)$ ) en cafetos jóvenes y adultos	84
14	Prueba de K-S para densidades de <i>P.coffeae</i> transformadas ( $\log(x+1)$ ) en cafetos adultos	85
15	Prueba de K-S para densidades de <i>P.coffeae</i> transformadas ( $\log(x+1)$ ) en cafetos jóvenes	86

## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas	
1	División de los bloques	26
2	Distribución de <i>Tagetes</i> alrededor del cafeto	28
3	Distribución de los bloques en el campo	31
4	Densidades de los nemátodos fitoparásitos	41
5	Densidad de <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes vs cafetos adultos	43
6	Densidades de <i>P.coffeae</i> para cafetos jóvenes y adultos	45
7	Densidades de <i>P.coffeae</i> para cafetos adultos	47
8	Densidades de <i>P.coffeae</i> para cafetos jóvenes	49
9	Densidades de <i>P.coffeae</i> en cada bloque para cafetos jóvenes	53
10	Porcentaje de sombra promedio en cada bloque	54
11	Histograma de densidades brutas de <i>P.coffeae</i>	82
12	Histograma del area bajo la curva descrita por <i>P.coffeae</i> en cafetos jóvenes y adultos	83
13	Histograma de la distribución de densidades transformadas ( $\log(x+1)$ ) en cafetos jóvenes y adultos	84

Figuras	Páginas
14	Histograma de la distribución de densidades transformadas ( $\log(x+1)$ ) en cafetos adultos 85
15	Histograma de la distribución de densidades transformadas ( $\log(x+1)$ ) en cafetos jóvenes 86

## RESUMEN

Este estudio tuvo como principal objetivo investigar la eficacia de *Tagetes erecta* y de *T.lucida* como una alternativa cultural para el control del nemátodo fitoparasítico *Pratylenchus coffeae* de las raíces del cafeto. Para ello se realizó un diseño de bloques al azar de dos vías. Los factores tomados en cuenta fueron la edad del cafeto (cafetos adultos y cafetos jóvenes) y el tipo de control (*T.erecta*, *T.lucida*, carbofurán (Furadán) y el testigo absoluto). Cada mes, se hizo un muestreo de todas las parcelas experimentales. Al analizar los resultados obtenidos en cinco muestreos se observó que ninguno de los tratamientos tuvo un efecto significativo sobre las poblaciones de *P. coffeae* de las raíces de cafetos adultos. Este no fue el caso de los cafetos jóvenes para los cuales el tratamiento con *T.lucida* mostró un decremento hasta del 76% en el número de *P. coffeae* en relación al testigo. El tratamiento con carbofurán (Furadán) tuvo una menor efectividad en el control de los nemátodos, mientras que el tratamiento con *T.erecta* no tuvo algún efecto. Estos resultados sugieren que *T.lucida* funcionó como una barrera que impidió la infección de las raíces sanas.

## I. INTRODUCCION

En el estudio de la enfermedad de cafeto llamada "Mal de Viñas" se ha demostrado que los nemátodos por sí solos no producen la enfermedad, pero que en algunas de las fincas enfermas podrían actuar como un factor agravante en el desarrollo de la misma (MacVean, 1992). En el departamento de Santa Rosa, Guatemala, se han encontrado varias especies de nemátodos parasíticos en las raíces de los cafetos, siendo el *Pratylenchus coffeae* el de mayor importancia (MacVean, 1992). El manejo tradicional de esta plaga se hace mediante la aplicación de nematicidas sintéticos que generalmente tienen una eficacia muy baja en su control (Thomanson, 1985). Muchos de los nematicidas usados actualmente son productos restringidos por la EPA (Environmental Protection Agency de Estados Unidos), por lo que su desaparición del mercado a mediano plazo es inminente (Vigliorchio, 1991) y la búsqueda de otras alternativas de control es una prioridad en las investigaciones de fitoprotección. El género *Tagetes* es bien conocido por sus propiedades nematicidas (NAS, 1968; Hackney y Dickerson, 1975; Khan et al, 1970, Uhlenbroek y Bijloo, 1958; Grainge y Ahmed, 1988). Este actúa mediante la producción de exudados nematicidas o como un cultivo trampa (NAS, 1968; Tang et al, 1987). El uso de *Tagetes*

se ha restringido a cultivos anuales, principalmente hortícolas, en los cuales ha tenido efectividad como medida de control de nemátodos (Grainge and Ahmed, 1988; Siddiqui y Alam, 1988; Siddiqui y Alam, 1987 a y b). Con este estudio se pretende ofrecer una alternativa al uso unilateral de químicos para el control de *Pratylenchus coffeae* en café, utilizando dos especies del género *Tagetes* (*T. erecta* y *T. lucida*), comparándolos con un control químico (Furadán) y un testigo absoluto.

#### A. Generalidades sobre nemátodos

Los nemátodos, también llamados gusanos redondos o filamentosos, son invertebrados pseudocelomados que pertenecen al filo Nematoda, incluido en el grupo de los asquelmintos (Barnes, 1986). Este filo está presente en una gran variedad de ambientes. A finales de 1931 Filipjev había descrito unas 4,601 especies que incluían nemátodos terrestres, marinos, dulceacuícolas, parásitos de plantas, de animales y de vida libre (Christie, 1979). Casi cualquier cultivo tiene uno o más nemátodos asociados (NAS, 1968). Las relaciones entre la planta y el nemátodo son influenciadas por varios factores como: la fertilidad, humedad, temperatura y tipo de suelo (NAS, 1968). Debido a que la precipitación pluvial y la

temperatura del suelo son muy importantes, en el desarrollo tanto de las plantas como de los nemátodos, estos factores son responsables de fluctuaciones estacionales de sus poblaciones (NAS, 1968).

La mayoría de los nemátodos fitoparasíticos pertenecen al orden Tylenchida, caracterizado por un esófago dividido en tres partes (Christie, 1979). El género *Pratylenchus* pertenece a la clase Secernentea (Phasmida), orden Tylenchida, familia Tylenchidae (Barnes, 1986). Los nemátodos fitoparasíticos poseen un estilete, generalmente hueco, que utilizan para atravesar y obtener alimento de las células de las plantas (Christie, 1979; Agrios, 1988; Wallace, 1973; NAS, 1968). Estos constituyen una de las plagas de mayor importancia en los cultivos agrícolas de los países en vías de desarrollo, y son una plaga muy importante en Centroamérica (Sasser, 1980; Pinochet, 1987). Algunos cultivos de esta región que presentan este tipo de problemas son: el arroz, maíz, caña de azúcar, café, banano, garbanzo, frijol, sorgo, plátano y cítricos (Pinochet, 1987). Además, se han reportado plagas de nemátodos en cultivos hortícolas; en la región del altiplano de Guatemala en cultivos de brócoli, coliflor y arveja china en donde se han encontrado hasta 1300 nematodos/10 gramos de raíz (MacVean et al, 1994).

De los géneros de nemátodos parasíticos del cafeto los de mayor importancia son *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, tanto por la frecuencia con la que se encuentran en los cultivos como por sus altos niveles poblacionales y su amplia distribución geográfica (Pinochet, 1987). El género *Pratylenchus* es una de las principales plagas de los cafetos de la especie *C. arabica*, ya que puede causar el decaimiento o muerte de las plantas (Kumar, 1988). Las infecciones por altas poblaciones de este nemátodo provocan lesiones en las raíces que causan una mala absorción de agua y nutrientes. Los síntomas característicos de este ataque son la defoliación del cafeto, amarillamiento y flacidez de las hojas, lo que da a la planta una "apariencia de penacho" (Kumar, 1988; Le Pelley, 1968). Estos síntomas son muy similares a los descritos para la enfermedad "Mal de Viñas" (Riveiro, 1988; García, 1989; MacVean, 1992) y para la "muerte súbita" descrita en Angola (Whitehead, 1960). El daño causado a los cafetos jóvenes es mayor pudiendo llegar a interferir con el crecimiento de éstos (Pinochet, 1987).

## B. Biología y daños de los nemátodos del género

### Pratylenchus

Los *Pratylenchus* spp. son nemátodos endoparásitos lesionantes cuyo desarrollo y reproducción son relativamente lentos. Para *P. pratensis* se ha reportado un ciclo de vida de 54 a 65 días (Christie, 1979).

Las larvas de los nemátodos, por poseer una mayor movilidad que los adultos, nadan a través de la fina capa de agua que rodea las partículas del suelo y entran en contacto con la raíz. Otro medio de contagio lo constituyen los trasplantes de plantas infestadas, el uso de herramientas contaminadas, el agua de riego, aguas superficiales cercanas y materiales de desecho infestados (Agrios, 1988 y Christie, 1979). Una vez en contacto con la raíz, el nemátodo la lesiona mediante el uso de su estilete y de secreciones enzimáticas que facilitan la infección. Los nemátodos se alimentan del parénquima, lo que causa un daño considerable a la raíz provocando los síntomas en la parte aérea de la planta.

Se han reportado cuatro especies del género *Pratylenchus* en café (*P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. loosi* y *P. pratensis*). *P. coffeae* es una especie que provoca grandes daños y es una plaga de los cafetos de Java y de muchas otras regiones productoras de café (Le Pelley, 1968; Zimmerman, 1898;

Fluiter, 1947). *P. coffeae* ha sido reportado en Java, India del Sur, Brasil, Congo, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Madagascar, Indochina, Barbados y Martinica (Le Pelley, 1968; Whitehead, 1969). Este nemátodo se ha encontrado en cafetos de las especies *Coffea arabica*, *C. canephora* y *C. excelsa* (Le Pelley, 1968).

C. Manejo tradicional de los nemátodos y sus efectos negativos

El manejo más frecuente de nemátodos hasta el momento ha sido mediante el uso de nematicidas químicos. De manera general el control químico de plagas ha tenido tres etapas evolutivas principales que son: "1) las sales botánicas e inorgánicas (arsenicales, etc), 2) la generación del DDT (organoclorados, organofosforados y otros biocidas de amplio espectro) y 3) las hormonas (sustancias bioquímicas de espectro angosto)" (Odum, 1985).

A partir de la Segunda Guerra Mundial se cambiaron las prácticas culturales y biológicas del control de plagas por un uso intensivo y casi exclusivo de productos químicos. Esto ha tenido graves consecuencias, tanto en el agroecosistema como para la salud humana. Una de éstas es la aparición de resistencia en las poblaciones de la plaga, que puede resultar

en un "efecto de rebote" donde la población de la plaga crece desmedidamente no sólo por la resistencia ante los plaguicidas, sino que también por la erradicación de los enemigos naturales. El uso de químicos puede provocar problemas ecológicos como la contaminación ambiental (del aire, suelo y fuentes de agua), destrucción de polinizadores, contaminación de fuentes de alimento y enfermedades humanas (Bird, 1987; Metcalf, 1986).

Los nematicidas se pueden dividir en dos grandes grupos: los fumigantes (hidrocarburos alifáticos halogenados y liberadores del isocianato de metilo) y los no fumigantes (organofosforados y carbamatos) (Marbán, 1985). Estos productos pueden tener efectos sobre el crecimiento y la nutrición de la planta al interferir con los organismos involucrados en el proceso de nitrificación (por lo tanto provocar una deficiencia de nitrógeno). Algunos nematicidas fumigantes (como el dibromuro de etileno) pueden transformarse en etileno que es un regulador de crecimiento (Van Gundy y McKenry, 1977). Los nematicidas fumigantes son particularmente nocivos en organismos benéficos del suelo como las micorrizas, los depredadores de nemátodos en el suelo y sobre la flora del suelo en general, además de ser altamente fitotóxicos y tóxicos para el usuario (Van Gundy y McKenry, 1977). Los

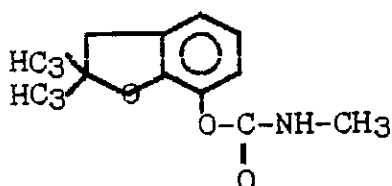
nematicidas no fumigantes tienen una toxicidad aguda muy alta en mamíferos (la DL50 del aldicarb es de 0.01 mg/kg peso corporal) y son tóxicos para organismos benéficos como enemigos naturales, polinizadores y microbiota del suelo (Vigliierchio, 1991).

Las poblaciones de nemátodos y, por consecuencia, su manejo, dependen de muchos factores (clima, suelo, manejo del cultivo, etc) que varían de lugar en lugar. No existe un método de control estándar que pueda aplicarse a todas las circunstancias (Pinochet, 1987). En Centroamérica, los problemas con nemátodos están relacionados con las condiciones climáticas ideales para su desarrollo y, por lo general, a prácticas agrícolas que favorecen el establecimiento del nemátodo y, por lo tanto, un daño al cultivo (Pinochet, 1987). Algunas de estas prácticas agrícolas inadecuadas son: la falta de rotación de cultivos y la falta de aceptación de variedades resistentes debido a que muchas veces son menos productivas (Pinochet, 1987), el uso de herramientas contaminadas, la ignorancia de la importancia de los nemátodos como una plaga y muchas más.

Generalmente, en el cultivo del café el control de los nemátodos se hace tanto en el almácigo como en la plantación (Le Pelley, 1968). En Guatemala, el método de control más

utilizado consiste en la aplicación de nematicidas químicos (Sánchez, 1977). Los más comúnmente utilizados son Dowfume, Broxone, Bromo-o-gas (bromuro de metilo), Di-Trapex (isocianato metílico), Vydate, Furadán o Carbofuran (N-metil carbamato), Nema-cur (Etil-4-metilio-m-tolilisopropil-amidofosfato) y Terracur (fensulfotio) (Sánchez, 1977).

Uno de los nematicidas más usados es el Furadán (comunicación personal con los finqueros de la región). Este es un carbamato cuya estructura es 2,3-dihidro-dimetil-7-benzofuranyl metilcarbamato (Ware, 1989).



Este nematicida actúa sistémicamente, es decir que después de ser aplicado al suelo en formulación granulada, se disuelve en el agua, se absorbe por las raíces y se trasloca al resto de la planta; de esta manera mata insectos chupadores de savia y nemátodos (Ware, 1989). El Furadán es un inhibidor de la colinesterasa, por lo que se cree que provoca una parálisis del sistema muscular del nemátodo (Marbán, 1985). Esta tetanización no interfiere en procesos metabólicos vitales del

nemátodo (como la respiración que ocurre por difusión), por lo que un efecto poco prolongado no siempre provoca la muerte del nemátodo (Marbán, comunicación personal 1994). Sin embargo, dosis sub-letales tienen efectos en el comportamiento de los nemátodos, que eventualmente puede reducir sus poblaciones (Marbán, 1985). El Furadán no tiene el mismo efecto sobre todos los estadios del nemátodo y, generalmente, tienen poca persistencia (Van Gundy y McKenry, 1977). Esto puede tener como consecuencia que al aplicar el nematicida se elimine solamente a una generación. Los estadios más resistentes, principalmente los huevos, podrían restablecer las poblaciones de nemátodos una vez que el nematicida hubiera perdido su efecto. La aplicación de un nematicida destruiría los enemigos naturales del nemátodo fitoparásito, por lo que el rebrote de la población podría ser mayor que la población original. Estos problemas se evitarían con el uso de una planta antihelmíntica, ya que la liberación de los exudados se daría en un tiempo prolongado, por lo que aseguraría el contacto con el estadio susceptible al nematicida y un control de las poblaciones de nemátodo a largo plazo inocuo para el medio ambiente y organismos benéficos.

#### D. Resistencia de los nemátodos

La resistencia de los nemátodos a diferentes pesticidas no ha sido completamente establecida (Viglierchio, 1985). El tratamiento de nemátodos con nematicidas a concentraciones estresantes o letales puede inducir resistencia en los nemátodos o aun resistencia cruzada (Viglierchio, 1985). Van Gundy y McKenry (1977) reportaron la tolerancia de *Paratylenchus hamatus* a Aldicarb en un almácigo de rosas, así como la existencia de una variedad resistente de un nemátodo bacteriófago, *Caenorhabditis elegans*, a Methomyl en el laboratorio. No se han reportado casos de resistencia de nemátodos a nivel de campo, seguramente por una falta de presión de selección debido a que generalmente las aplicaciones de nematicidas son poco frecuentes, se aplican en parches, son poco eficientes y poco persistentes (Wright, 1981). Sin embargo se ha reportado "tolerancia" de *Paratylenchus* a carbofurán en campos de maíz en donde se usó este producto por 4-5 años (Wright, 1981).

#### E. Descomposición de los nematicidas

Todos los nematicidas están sujetos a degradación, que varía según el producto químico. Los efectos nematicidas del

oxamyl y el aldicarb han mostrado tener una vida corta (Van Gundy y McKenry, 1977). Su vida media en los suelos es aparentemente de 2 semanas (Bromilow, 1973). Además, la materia orgánica sin descomponer en el suelo tiene una gran influencia en la dispersión del nematicida. Esto se debe a que la materia orgánica tiene la capacidad de absorber, definitivamente o temporalmente, los nematicidas volátiles y no volátiles, lo que reduce las concentraciones del nematicida en el aire y agua del suelo (Heald, 1987; Thomanson, 1985; Van Gundy, McKenry, 1977).

#### F. Importancia de las alternativas al control químico

Guatemala es el país de Centroamérica con mayor área cultivada de café. Este constituye uno de los mayores productos de exportación y una fuente muy importante de divisas para el país (García, 1986). Se estima que en 1986 el área cultivada alcanzaba 254.1 mil hectáreas (García, 1986). Este cultivo representó, en 1992, un ingreso de 239 millones de dólares en concepto de exportaciones (GEXPRONT, 1992). En el departamento de Santa Rosa, en el cual se hizo el estudio de esta tesis, se estima que existen unas 42.9 mil hectáreas cultivadas de café (García, 1986).

En Guatemala, las fincas productoras de café, principalmente de la región de Santa Rosa, presentan altas poblaciones de nemátodos, generalmente del género *Pratylenchus* (UVG, 1991). Muchas veces estos están asociados con la sintomatología del "Mal de Viñas", fiebre amarilla o muerte súbita (Riveiro, 1988; García, 1989; Whitehead, 1960). Estas fincas aplican grandes cantidades de nematicidas sin lograr un control adecuado de la plaga y con todas las consecuencias negativas que acarrea este tipo de manejo. Por lo anterior es muy importante establecer medios de control alternativos como lo son el control natural y cultural.

Los métodos culturales para control de nemátodos en cultivos anuales, como sistemas de rotación de cultivos y araduras en el suelo para exponer los nemátodos a desecación (Sánchez, 1977), no se aplican al café. El método más recomendado por la Asociación Nacional del Café de Guatemala (ANACAFE) consiste en el uso de un injerto, conocido como método Reyna, de *Coffea arabica* sobre un patrón de *Coffea canephora* var. *robusta* (Sánchez, 1977).

G. Propiedades nematocidas y medicinales de *Tagetes*

Muchas plantas producen y liberan en el suelo, a través de su sistema radicular, ciertos exudados que son tóxicos para sus enemigos naturales, entre ellos los nemátodos. Un ejemplo de esto es un compuesto de la raíz del espárrago, tóxico para muchas especies de nemátodos fitoparasíticos (NAS, 1968). Las plantas del género *Tagetes* (Asteraceae) han sido reportadas con propiedades nematocidas contra nemátodos del género *Pratylenchus*: se ha reportado el efecto nematocida de *Tagetes patula* en *Pratylenchus alleni* (Hackney y Dickerson, 1975) y en *Pratylenchus penetrans* (Miller y Edgington 1962). *Tagetes erecta* tiene el mismo efecto en *P. penetrans* (Khan et al, 1970) y en *P. zea* (Miller y Ahrens, 1969). *Tagetes nana* fue reportada como nematocida en *P. penetrans* (Uhlenbroek y Bijloo, 1958). Además existen reportes de propiedades nematocidas de diferentes especies de *Tagetes* en *Anguina tritici*, *Belonolaimus longicaudatus*, *Criconemoides ornatum*, *Ditylenchus dipsaci*, *Helicotylenchus indicus*, *Heterodera rostochiensis*, *Hoplolaimus indicus*, *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*, *Radopholus similis*, *Rotylenchus reniformis*, *Trichodorus christiei*, *Tylenchorynchus brassicae*, *T. claytoni*, *T. filiformis* y

*Xiphinema americanum* (Grainge y Ahmed, 1988). El efecto del género *Tagetes* como nematicida es bien conocido. Al sembrar *T. erecta* en un suelo infestado por nemátodos fitoparasíticos se constató que ésta tiene propiedades nematicidas (NAS, 1968).

En un experimento de control de nemátodos fitoparasíticos mediante una enmienda con desechos de *Tagetes* en cultivos de tomate y de berenjena se obtuvo un mayor crecimiento de las plantas tratadas sin observar signos de fitotoxicidad. El uso de flores y tallos de *Tagetes lucida*, *T. minuta* y *T. tenuifolia*, incorporados al suelo, redujeron significativamente las poblaciones de *Rotylenchus reniformis*, *Tylenchus brassicae*, *Hoplolaimus indicus*, *Helicotylenchus indicus* y *Tylenchus filiformis* (Siddiqui y Alam, 1988).

Residuos de *Tagetes lucida*, *T. minuta* y *T. tenuifolia* que se picaron e incorporaron al suelo, redujeron significativamente las poblaciones de *Meloidogyne incognita*, después de inocular estadios juveniles de este nemátodo a plantas de tomate, berenjena, repollo y coliflor. También se redujeron las poblaciones de *Rotylenchus reniformis* en tomate y berenjena y de *Tylenchorhynchus brassicae* en repollo y coliflor (Siddiqui y Alam, 1987 a y b). También se ha experimentado en invernadero el uso de *Tagetes* sp. como cultivo

acompañado. Este consistió en sembrar una planta de tomate, coliflor o repollo con varias plantas de *Tagetes lucida* en la periferia de la maceta y luego inocularla con nemátodos fitoparasíticos. Se concluyó que *T. lucida* inhibe la multiplicación de *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchus reniformis* y *Tylenchorhynchus brassicae* y mejora el crecimiento de todas las plantas utilizadas (Siddiqui y Alam, 1987 a y b). Wallace (1963) sugirió que el efecto de *Tagetes* en los nemátodos se debe a la liberación de exudados de la raíz. Siddiqui y Alam (1988) han demostrado las propiedades nematicidas de *Tagetes erecta*.

El género *Tagetes* Linnaeus, contiene unas 35 especies según el recuento de Rydberg. Se encuentran mayormente en áreas montañosas de regiones tropicales pero algunas se extienden a áreas más cálidas (Nash y Williams, 1976). La especie *Tagetes erecta* L. es conocida como flor de muerto; *tutz* (Cobán, Quecchí); *coxuá* (Totonicapán); *cotzif caminiac, chus* (El Quiché); *ixtupug, sanpuel* (Petén, maya); *subay tus; Kaqi tus; q'an tus* o *cot tus* (Alta Verapaz, Quecchí). Se encuentra en un amplio espectro de ambientes y de alturas y muchas veces se le considera como una maleza. Se utiliza comúnmente como planta ornamental. Se ha reportado a 1850 msnm o menos, sin embargo muchas veces se cultiva a mayor

altitud. En Guatemala se ha reportado en los departamentos siguientes: Petén, Alta Verapaz, Izabal, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sacatepequez, Chimaltenango, Huehuetenango, El Quiché, Retalhuleu. También se ha reportado para México, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica (Nash y Williams, 1976).

Se cree que el nombre "flor de muerto" se deriva de su uso para decorar las tumbas el día de los muertos (1° de noviembre). También podría deberse a que en ciertas regiones se utiliza para contrarrestar el olor de los cadáveres (Nash y Williams, 1976). La flor de muerto se utiliza para muchos propósitos en la medicina popular indígena de Guatemala, entre los cuales figura el tratamiento de infecciones humanas por el nemátodo *Ascaris lumbricoides* (INSTINDNAC, 1971).

La especie *Tagetes lucida* se conoce también como Pericón; iyá, jolomocox, uca (El Quiché); hierba de San Juan (Quetzaltenango). Se encuentra principalmente en campos abiertos de herbáceas o en laderas de montañas rocosas y secas entre 1,000-2,000 msnm. Se localiza en Guatemala en los departamentos siguientes: Petén, Jalapa, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Quiché, Huehuetenango, San Marcos. También ha sido reportado en México, El Salvador y Honduras. Esta planta tiene propiedades medicinales y se usa

principalmente para dolencias digestivas (Nash y Williams, 1976). Es usado en la medicina indígena contra el parasitismo de *Ascaris lumbricoides* (INSTINDNAC, 1971).

#### H. Composición química de los exudados nematicidas de *Tagetes*

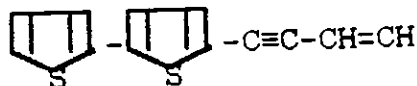
Las distintas especies del género *Tagetes* contienen compuestos antibióticos que pertenecen al grupo de los tiofenos (Ketel, 1986). Los tiofenos son compuestos aromáticos heterocíclicos de cinco miembros cuya estructura general es la siguiente: (Fessenden y Fessenden, 1983)



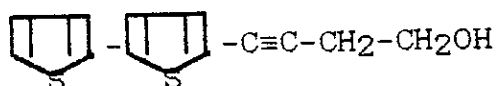
Estos son productos apolares del metabolismo secundario de las plantas (Ketel, 1986). Se han reportado cuatro tiofenos extraídos de los exudados radiculares de *Tagetes patula* que son: (Tang et al. 1987)



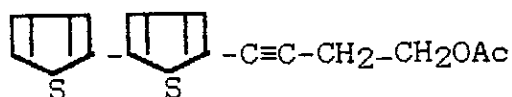
a-tiertienil (a-T, I)



5-(3-buten-1-ynil)-2,2'-bitienil (BBT, II)

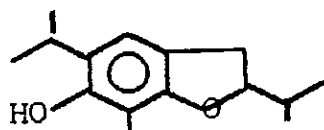


5-(4-hidroxi-1-butinil)-  
2,2'bitenil (BBT-OH III)

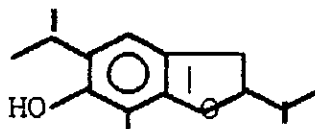


5-(4-acetil-1-butinil)-  
2,2'bitienil (BBT-OAc, IV).

También se han aislado los benzofuranos: (Tang et al., 1987)



6-hidroxi-2-isopropenil  
-5-acetil



cumaranon (dihidro-euparin, V)

Se han reportado propiedades alelopáticas, insecticidas, nematocidas, germicidas y citotóxicas para los tiofenos (Tang et al., 1987).

### I. Justificación del estudio

Este tipo de control evita los efectos negativos sobre el medio ambiente, lo que favorece la conservación de los

enemigos naturales, tanto de los nemátodos como de otras plagas. También permite la estabilidad de la microflora del suelo que llevan a cabo procesos importantes para la conservación de la fertilidad de los suelos, como la nitrificación y la humificación (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Una de las ventajas de este tipo de control es la disponibilidad de *Tagetes* a un bajo costo. La semilla de ambas especies de *Tagetes* puede ser recolectada de plantas silvestres debido a que son originarias de la región mesoamericana (Nash y Williams, 1976). La otra alternativa es comprar la semilla de *T. erecta* en algún centro de producción de esta flor en donde se puede encontrar una amplia gama de variedades para distintos usos.

La caracterización química del pericón y su posible uso comercial está siendo estudiado por el Instituto de Capacitación y Tecnificación Agrícola de Guatemala (ICTA) (Göehler, comunicación personal, 1992). Este estudio se basa en las propiedades curativas de la planta y en la extracción de sus aceites esenciales que podrían tener un uso en la industria alimenticia y cosmética. La "flor de muerto" tiene cierto potencial como planta ornamental y como una fuente de xantofilas y carotenos, pigmentos muy utilizados en avicultura, para teñir la yema de los huevos, además de ser un

producto de exportación. Se ha reportado que los residuos de *Tagetes* tienen también un poder inhibitor de la germinación de semillas de ciertas malezas (Tang y Towers, 1987), lo que representa otra ventaja del uso de esta planta.

## II. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

Determinar el efecto de *Tagetes* spp sobre las poblaciones de nemátodos de las raíces del cafeto y su posible uso como una alternativa al control por nematicidas sintéticos.

### B. Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de *Tagetes erecta* (flor de muerto) y de *T. lucida* (pericón) en las poblaciones de *P. coffeae* al ser sembrados alrededor de plantas de café recién sembradas (de un año de almácigo).

Hipótesis: *Tagetes erecta* y *T. lucida* evitan el establecimiento de nemátodos fitoparasíticos en las raíces del cafeto recién sembrado.

2. Determinar el efecto de *Tagetes erecta* (flor de muerto) y de *T. lucida* (pericón) en las poblaciones de *P. coffeae* al ser sembrados alrededor de plantas de café adultas (de tres años o más).

Hipótesis: *T. erecta* y *T. lucida* disminuyen las poblaciones de *P. coffeae* ya establecidas en las raíces del cafeto de tres o más años.

3. Comparar el efecto de *T. erecta* con el de un nematocida sintético (Furadán = N-metil carbamato) en las poblaciones de *P. coffeae*.

Hipótesis: *Tagetes erecta* y *T. lucida* tienen una efectividad igual o mayor a Furadán en el control de las poblaciones *P. coffeae*.

4. Determinar si existe alguna diferencia entre el efecto de *T. erecta* y de *T. lucida* en las poblaciones de *P. coffeae* de la raíz del cafeto.

Hipótesis: El efecto nematocida de *T. erecta* en las poblaciones *P. coffeae* no es el mismo al de *T. lucida*.

5. Comparar el efecto de *T. erecta*, *T. lucida* y del nematocida sintético sobre las poblaciones de las diferentes especies de nemátodos de la raíz del café.

Hipótesis: Los métodos de control (*T. erecta*, *T. lucida* y Furadán) no afectan de igual manera a las poblaciones de diferentes especies de nemátodos encontradas en la raíz y en el suelo.

### III. METODOLOGIA

#### A. Diseño del experimento y montaje en el campo

Se trató de probar el efecto de *T. erecta* y *T. lucida* como medios de control de nemátodos fitoparasíticos al ser sembrados alrededor del cafeto. El tipo de control constituye uno de los factores del diseño y se dividió en cuatro niveles:

- a) **NIVEL 1:** Uso de *Tagetes erecta*.
- b) **NIVEL 2:** Uso de *Tagetes lucida*.
- c) **NIVEL 3:** Uso de un nematicida sintético (Furadán).
- d) **NIVEL 4:** Testigo, sin hacer aplicaciones de algún tipo.

El segundo factor lo constituyó la edad de la planta y se dividió en dos niveles:

- a) **NIVEL 1:** Plantas jóvenes (recién sembradas, con un año de almácigo)
- b) **NIVEL 2:** Plantas adultas (con por lo menos tres años)

El tercer factor lo constituyeron los tres bloques formados al azar.

Por lo tanto se hicieron ocho tratamientos descritos a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1  
 Tratamientos incluidos en el diseño

FACTOR 2 EDAD=	FACTOR 1: TIPO DE CONTROL			
	T. erecta	T. lucida	Furadán	Testigo
Joven (1 año)	Joven con T.e.	Joven con T.l.	Joven con Furadán	Joven sin nada
Adulta (3 años)	Adulta con T.e	Adulta con T.l.	Adulta con Furadán	Adulta sin nada

Se hicieron tres repeticiones para cada tratamiento. Como el experimento se realizó en el campo, en donde las condiciones son heterogéneas, se conformaron tres bloques en cada uno de los cuales estaban incluidos los cuatro tratamientos. Este experimento se llevó a cabo en la finca El Naranjito en el departamento de Santa Rosa, Guatemala. Se escogió esta finca debido a que presenta altas densidades de nemátodos, principalmente de la especie *Pratylenchus coffeae* (UVG, 1991).

El experimento se realizó en el tablón "Camelias", con una siembra reciente (mayo -junio 1992) de cafetos (variedad Caturra) con un año de almácigo y en donde aún quedaban algunos cafetos adultos (variedad Caturra) de tres años o más. Los cafetos jóvenes provenían de un almácigo tratado y desinfectado. Para asegurarse que las plantillas estuvieran

libres de nemátodos se tomaron muestras de las raíces de cuatro de ellas seleccionadas al azar. Se escogió este tablón ya que allí se registró anteriormente una alta incidencia de nemátodos (Quirós, 1994). Esto permitió asegurar una fuente de inóculo de nemátodos invasores.

En este tablón se establecieron los tres bloques. Cada bloque fue dividido en cuatro parcelas que contenían 20 cafetos jóvenes y 10 adultos cada una (Figura 1).

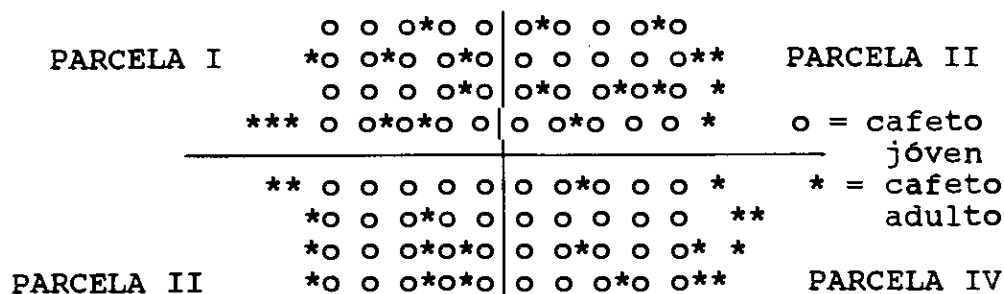


Figura 1

#### División de los bloques

El arreglo de las plantas recién sembradas fue uniforme, a distancia de 2 m entre los surcos y 1 m entre las plantas, mientras que las plantas adultas se encontraban distribuidas irregularmente, debido a la mortalidad en años anteriores. A cada una de las cuatro parcelas de cada bloque se le

asignó al azar uno de los cuatro tipos de control. Las plantas de *Tagetes* se sembraron en forma circular alrededor del cafeto dentro del área de goteo de un cafeto adulto. Se consideró como área de goteo el círculo de 40 cm de radio que tiene como centro el tronco del cafeto. No se encontró literatura que especificara una densidad de siembra ideal. Por ello se sembraron arbitrariamente 16 plantas de *Tagetes* dentro del área de goteo, lo cual equivale a una densidad de 16.5 plantas/m<sup>2</sup>. Esto resulta en una separación de por lo menos 15 cm entre las plantas. Por lo tanto, en cada parcela tratada con una de las dos especies de *Tagetes* se sembraron 480 plantillas (16 plantillas de *Tagetes* \* (20 cafetos jóvenes/parcela + 10 cafetos adultos/parcela) = 480 *Tagetes*/parcela). En los tres bloques se sembraron entonces 1440 plantillas de *T. erecta* y 1440 de *T. lucida* (480 *T. lucida*/parcela \* 1 parcela tratada/bloque \* 3 bloques/experimento = 1440 *T. lucida*/experimento).

Las plantillas se sembraron en forma radial alrededor del tronco del cafeto (Figura 2).

El objetivo de sembrar los *Tagetes* en forma circular y con una alta densidad es asegurarse una buena impregnación de los exudados de las raíces de estos en la rizósfera del

cafeto, y así aumentar la probabilidad de detectar un efecto de los exudados sobre los nemátodos.

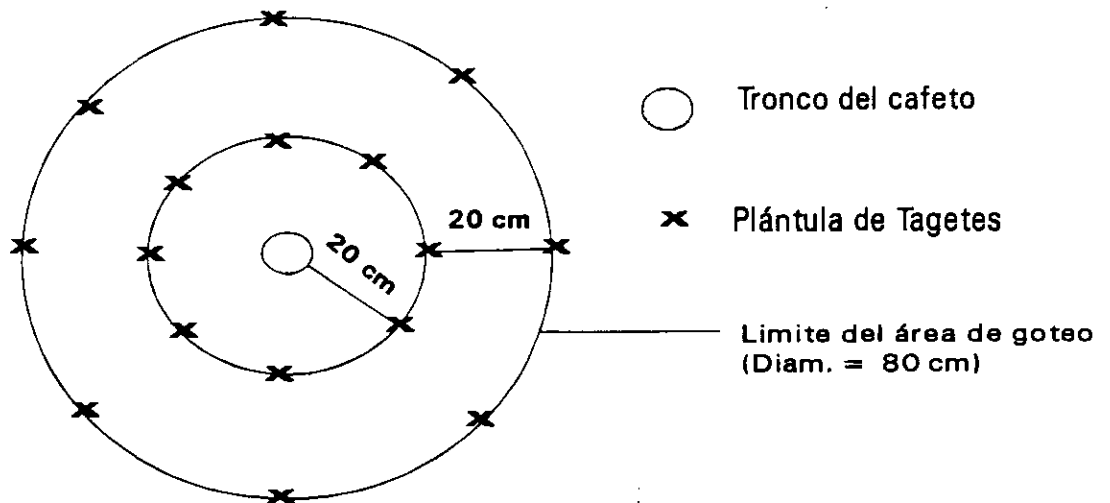


Figura 2

Distribución de las plantillas de *Tagetes* alrededor del cafeto

La aplicación de los tratamientos idealmente debería haber sido simultánea, lo que nos hubiera permitido distinguir entre el efecto del tratamiento y el del tiempo. Sin embargo esta simultaneidad no se pudo lograr debido a que las semillas de *T. erecta* y de *T. lucida* no germinaron al mismo tiempo, por lo que el tratamiento con la flor de muerto fue aplicado en el campo cinco semanas antes que el de pericón. Este desfase probablemente se debió a que la semilla de la flor de muerto proviene de una especie comercial y por lo

tanto "domesticada", lo que explicaría su fácil germinación y rápido crecimiento. La semilla del pericón provenía de un ambiente silvestre, por lo que su germinación y crecimiento no fueron tan rápidos. Al analizar los resultados hubo dos opciones, a) hacer unidades de muestreo cronológicas, es decir tomar muestras simultáneas en todos los tratamientos; o b) que las unidades de muestreo estuvieran determinadas por el tiempo transcurrido desde la aplicación del tratamiento. Se optó por la segunda, ya que fue más importante analizar el efecto del tratamiento en el tiempo que el efecto del tiempo en sí. Es decir que el muestreo 1 del tratamiento 1 no se hizo al mismo tiempo que el muestreo 1 del tratamiento 2, sino que cinco semanas más tarde (ver Apéndice C). Este análisis tiene el inconveniente de no poder separar el efecto del tiempo del efecto del tratamiento. Sin embargo, debido a que el desfase en la aplicación de los tratamientos no es muy grande, se esperó que el efecto del tiempo fuera insignificante al lado del efecto del tratamiento.

Para el nematocida químico (Furadán) se utilizó la dosis recomendada por el fabricante (15 g/planta). Se aplicó la formulación granulada del nematocida alrededor del cafeto y se incorporó al suelo. Se hizo una sola aplicación al

mismo tiempo que se trasplantaron las plantillas de *Tagetes*. El testigo consistió en parcelas libres de malezas y sin aplicación de ningún tipo de nematicida. No se hizo ninguna aplicación de fertilizante, ni al cafeto ni a las plantillas de *Tagetes*. Debido al desfase mencionado anteriormente, los primeros tratamientos en aplicarse fueron la flor de muerto y el testigo y, cinco semanas, después el pericón y el Furadán.

#### B. Germinación de *Tagetes*

En baldes plásticos de aproximadamente 8 litros de capacidad se colocó una mezcla de tierra negra proveniente del campus de la Universidad del Valle de Guatemala y arena cernida, en una proporción 1:1 (vol/vol) a una profundidad de aproximadamente 13 cm. En cada uno de estos baldes se colocaron al voleo las semillas de *Tagetes erecta* y *T. lucida* a una densidad aproximada de 9 semillas/cm<sup>2</sup> y se cubrieron con aproximadamente 1.5 cm de tierra. Cada balde se rotuló con la especie de *Tagetes* que se sembró y con la fecha de la siembra. Los baldes se colocaron descubiertos al sol y se regaron diariamente con una bomba portátil para atomizar el agua y evitar que ésta golpeará el suelo o la planta recién germinada. Estas plantas se sembraron al sol

y no en invernadero para aproximar las condiciones que tuvieron al ser trasplantadas al campo y evitar un stress muy grande al cambiar a condiciones de campo. El transplante se realizó cuando las plántulas alcanzaron unos 6 cm de alto.

### C. Distribución de los bloques en el campo

Debido a que el área de trabajo era heterogénea en cuanto a la cantidad de sombra, se escogió la localización de los bloques de manera a que todas las condiciones de sombreado quedaran representadas en el experimento (Figura 3) para eliminar el efecto de este factor (Campbell, 1989).

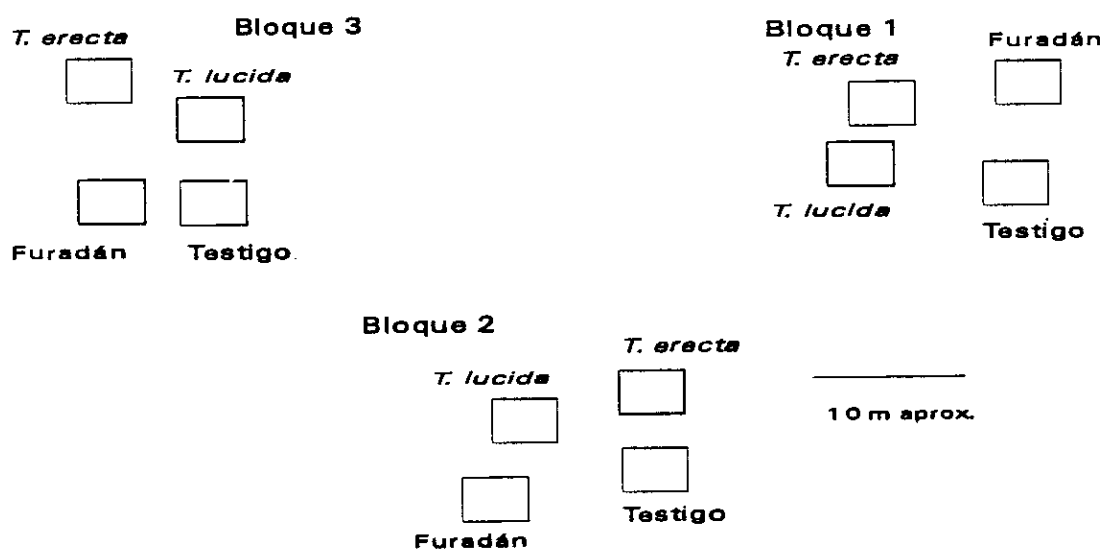


Figura 3

Distribución de los bloques en el campo

D. Colecta de las muestras

Las muestras se colectaron de manera diferente según la edad de la planta. En las plantas adultas se tomó una muestra no destructiva de 10 gramos de raicilla superficial en el perímetro del área de goteo del cafeto. El muestreo de los cafetos jóvenes fue destructivo ya, que se arrancó toda la planta para examinar la raíz. Esto se debió a que no se pueden extraer 10 gramos de raíz de una plantilla sin afectarla, mientras que un cafeto adulto sí puede soportar esta extracción. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas con un rótulo que indicaba la parcela, el tratamiento, el bloque y la fecha. Se transportaron al laboratorio en donde fueron procesadas el mismo día o el día siguiente.

Se realizó un muestreo completo, es decir de todas las repeticiones de todos los tratamientos (plantas jóvenes y adultas), una vez por mes. Cada semana se colectaron las muestras de uno de los cuatro tratamientos. En cada parcela, correspondiente al tratamiento escogido, se seleccionaron al azar dos cafetos jóvenes y dos adultos de los cuales se extrajo la muestra de raíz. No se tomaron muestras de suelo, ya que en análisis anteriores, hechos por el proyecto "Mal de Viñas", se comprobó que los nemátodos presentes en el suelo se podían cuantificar al analizar la muestra de

raíz (Morales, 1992 comunicación personal). Esto se debe, probablemente, a la presencia que la tierra adherida a la raíz aún después de ser lavada contiene nemátodos de suelo y ectoparásitos. El hecho de no tomar muestras de suelo permitió analizar una mayor cantidad de muestras de raíz y, por lo tanto, obtener datos más representativos en cuanto a la distribución de nemátodos endoparasíticos en el campo.

Para cada muestra se anotó en una forma de datos de colecta (apéndice A) la edad del cafeto (joven o adulto), el número de la planta (en caso de plantas adultas), la altura de la planta, el tratamiento (con *T. erecta*, *T. lucida*, Furadán o testigo), el estado fenológico del cafeto, el estado fenológico de los *Tagetes* e índice de Mal de Viñas del cafeto. La altura del cafeto se midió con una cinta métrica, desde su base hasta el extremo apical. El estado fenológico del cafeto se dividió en: joven (para las plantas recién sembradas), en floración, con frutos, post-cosecha. El estado fenológico de *Tagetes* se dividió en: joven (antes de la floración), en floración, después de floración. El índice de Mal de Viñas se midió con los índices de defoliación, clorosis y marchitez establecidos y usados por los investigadores de la Universidad del Valle (UVG, 1991). Los índices para defoliación son: 0 = follaje completo; 2 =

pérdida de follaje mínima, menos de 1/3 del follaje; 4 = defoliación evidente, más de 1/3 del follaje; 6 = defoliación fuerte, más de 2/3 del follaje; 7 = planta casi sin hojas pero que aún sigue viva; 8 = defoliación completa, planta muerta. Los índices para marchitez son : 0 = sin marchitez; 1 = con marchitez por lo menos en 1/3 del follaje. Los índices para clorosis son: 0 = sin decoloración; 1 = con amarillamiento de por lo menos 1/3 del follaje (UVG, 1991).

#### E. Extracción y análisis de la muestra

Para extraer los nemátodos de las muestras se utilizó el método de centrifugación y flotación con azúcar. Este es el método más utilizado para extraer nemátodos del suelo (Niblack y Hussey, 1985). Para la extracción de nemátodos de la raíz se licuó un peso determinado de raíz (10 gramos) y se pasó por un juego de tres tamices: el primero de 20 mechas (número de filamentos de alambre/pulgada lineal), el segundo de 60 y el tercero de 400. En el primer tamiz quedó atrapado el bagazo; en el segundo, los residuos más grandes y en el tercero quedaron los nemátodos que nos interesaban con residuos pequeños de raíz. Los nemátodos fitoparásitos por lo general son muy pequeños, de 2.0 a 2.5 mm de largo

por 0.4 a 0.7 mm de largo (Agrios, 1988), por lo que pasaron por los dos primeros tamices pero no por el tercero que era muy fino.

El residuo que quedó en el tercer tamiz se transfirió, con ayuda de una pizeta con agua del chorro, a un tubo de centrifugación. A éste se le agregaron aproximadamente 10 g de caolín, arcilla dimórfica de baja capacidad de intercambio catiónico (Fassbender y Bornemisza, 1987) para precipitar la materia orgánica; se centrifugó a 3000 rpm, en una centrífuga de motor (International Equipment Company, modelo HN-SII, con un rotor IEC 958), durante 5 minutos. Se decantó cuidadosamente el sobrenadante, se agregó al sedimento aproximadamente 20 ml de una solución concentrada de sacarosa y se agitó esta mezcla. Esta solución de azúcar (500 gramos de azúcar en un litro de agua) es mucho más densa que el agua, por lo que los nemátodos flotan a la superficie. Se volvió a centrifugar por cinco minutos a 3000 rpm para que los nemátodos quedaran en el sobrenadante y todos los residuos arrastrados por el caolín se precipitaran al fondo del tubo. Este sobrenadante se decantó sobre el tamiz de 400 mesh y se lavó con agua hasta eliminar la solución azucarada.

El residuo que quedó en el tamiz se transfirió con una pizeta con agua a un beaker de 40 ml, se aforó a 20 ml y se transfirió a un vidrio de Siracusa. Este vidrio, de 20 ml de capacidad y 20 cm<sup>2</sup> de fondo plano, se puso sobre una hoja cuadrículada, con cuadros de 1 cm X 1 cm. Se observaron al estereoscopio y se contó el número de nemátodos en tres cuadros. Este número se dividió por tres para obtener el número promedio de nemátodos por ml. Al multiplicar este número por 20 se obtuvo el número de nemátodos en toda la suspensión y, por lo tanto, el número de nemátodos por 10 gr de raíz. Con una pipeta Pasteur se extrajeron al azar 10 nemátodos del vidrio de Siracusa y se transfirieron a un porta objetos. Este montaje de nemátodos se observó inmediatamente en un microscopio compuesto (Marca Leitz, modelo Laborlux S) usando aumentos de 50X, 400X y 600X. Se contó el número de nemátodos fitoparasíticos, no fitoparasíticos, adultos y jóvenes. Se identificaron los nemátodos fitoparasitos hasta género usando la clave ilustrada de Harrison y Mai (1985). Todos estos datos se anotaron en una forma para análisis de muestras (apéndice B).

#### IV. DISEÑO ESTADISTICO

Las variables que se midieron fueron:

- \* Número de nemátodos totales en 10 g de raíz
- \* Número de nemátodos parasíticos en 10 g de raíz
- \* Número de nemátodos no parasíticos en 10 g de raíz
- \* Número de Pratylenchus en 10 g de raíz

Para analizar las densidades de nemátodos a través de tiempo se calculó el área bajo la curva definida por los muestreos puntuales. Esto permitió definir una variable continua de daño (nemátodos-día).

Se realizó la prueba de normalidad Kolgomorov-Smirnov para la variable Nemátodos-día para comprobar si ésta tenía una distribución normal. Como la distribución no fue normal se aplicó una transformación logarítmica ( $\log (X+1)$ ) que produjo una distribución normal de la variable Nemátodos-día transformada (Zar, 1984). Como se realizó un diseño con bloques al azar en el que se tienen dos factores y más de dos tratamientos se hizo un análisis de varianza de dos vías (Campbell, 1989).

Los tratamientos incluidos en el diseño fueron:

- A - Control con *T. erecta*
- B - Control con *T. lucida*

C - Control con Furadán (químico)

D - Testigo.

Se definieron tres contrastes ortogonales a priori para el factor "tipo de control", debido a que los grados de libertad son también tres. Un mayor número de contrastes hubiera aumentado el error tipo I, es decir la probabilidad de equivocarse al rechazar la hipótesis nula y, por lo tanto, le restaría confiabilidad a la prueba (Campbell, 1989). Los contrastes ortogonales a priori (Campbell, 1989) fueron:

1 - Comparación de D contra A, B y C (Testigo vs. controles)

2 - Comparación de C contra A y B (control cultural vs. químico)

3 - Comparación de A contra B (*Tagetes erecta* vs. *T. lucida*)

Estas comparaciones se hicieron únicamente para *Pratylenchus coffeae*, que fue la única especie presente en cantidades significativas. Además se hicieron conteos de nemátodos no parasíticos, sin identificarlos.

Las hipótesis nulas para las diferentes comparaciones a priori fueron:

Comparación 1:

Ho No existe una diferencia entre las poblaciones de *P. coffeae* en las raíces de cafetos tratados (con *T.*

*erecta*, *T. lucida* o con Furadán) y las poblaciones de los cafetos no tratados (testigo).

Comparación 2:

Ho No existe una diferencia entre las poblaciones de *P. coffeae* en las raíces de los cafetos tratados con un químico sintético (Furadán) y las poblaciones en cafetos tratados con un control químico natural (*T. erecta* y *T. lucida*).

Comparación 3:

Ho No existe una diferencia entre las poblaciones de nemátodos de cafetos tratados con *T. erecta* y las poblaciones de nemátodos de los cafetos tratados con *T. lucida*.

En los casos en que estas comparaciones resultaron significativas se hicieron pruebas de comparación de medias, Tukey al 5% y DMS (diferencia mínima significativa, o "LSD" en inglés) al 10% y 15%.

## V. RESULTADOS

### A. Diversidad de los nemátodos fitoparasíticos presentes

De los análisis de las muestras resaltó la clara dominancia del género *Pratylenchus* sobre todos los demás nemátodos fitoparasíticos (Cuadro 2).

Cuadro 2

Comparación de las densidades promedio de los diferentes géneros de nemátodos fitoparasíticos

Promedio de los géneros de nemátodos fitoparasíticos/10 g de raíz para todas las muestras de cafetos jóvenes y adultos (n = 216)					
<i>Pratylenchus</i>	<i>Aphelenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>	Crico-nemoides	<i>Tylenchus</i>	<i>Helyco-tylenchus</i>
818.9	0.7	1.4	0.5	3.6	0.06

Se puede observar que *Pratylenchus* representó el 98% del total de los nemátodos fitoparasíticos encontrados (Figura 4). Para comprobar esta diferencia se hizo un análisis de varianza (Apéndice D, Cuadro 10) que resultó altamente significativo. Para determinar en dónde se encontraban estas diferencias se hizo una comparación de medias por la prueba de Tukey (Cuadro 3).

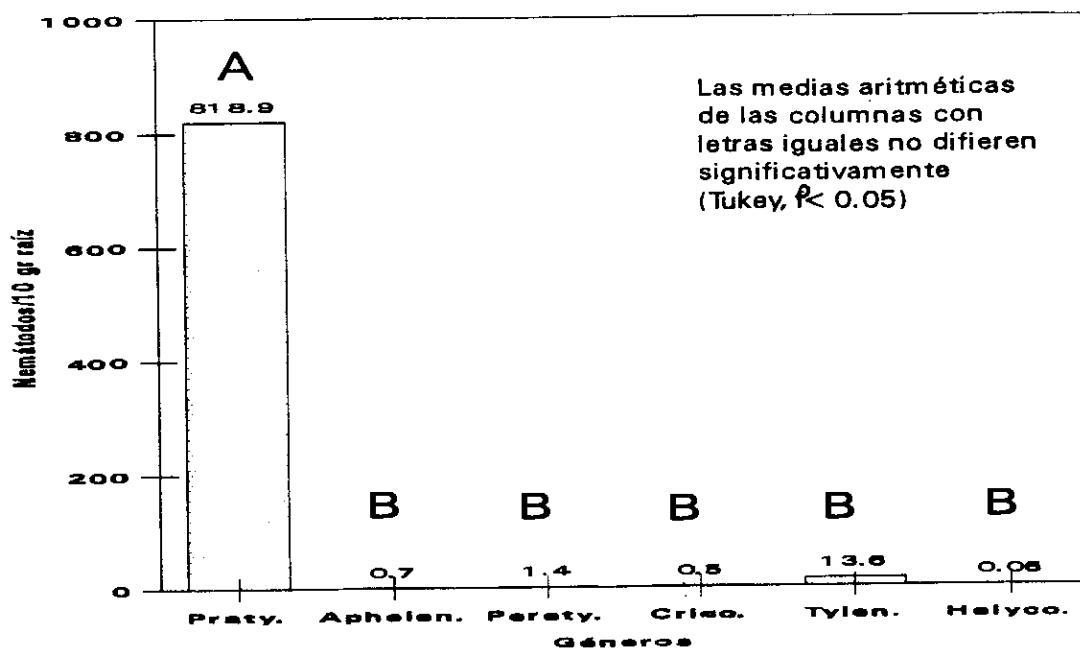


Figura 4

Comparación de las densidades promedio de los diferentes géneros de nemátodos fitoparasíticos

Esta prueba de Tukey demostró que la única diferencia estadísticamente significativa es la que existe entre las densidades de *Pratylenchus* y los demás géneros fitoparasíticos (Cuadro 3). Es por esta diferencia que los análisis subsiguientes se restringieron al género *Pratylenchus*.

Cuadro 3

Comparación de medias para la densidad de los diferentes géneros de nemátodos fitoparasíticos en cafetos jóvenes y adultos

		G R U P O						
		1	2	3	4	5	6	Grupo
G	1		*	*	*	*	*	1 = <i>Pratylenchus</i>
R	2							2 = <i>Aphelenchoides</i>
U	3							3 = <i>Paratylenchus</i>
P	4							4 = <i>Criconemoides</i>
O	5							5 = <i>Tylenchus</i>
	6							6 = <i>Helicotylenchus</i>

\* = Grupos entre los cuales existe una diferencia significativa (al 5%; Tukey).

#### B. *P. coffeae* en cafetos jóvenes vs. cafetos adultos

Se pudo observar que el número de *P. coffeae* varió según la edad del hospedero. Se encontró un número mucho más alto de individuos en los cafetos jóvenes que en los adultos (Figura 5). En esta figura se puede observar que las densidades de *P. coffeae* variaron más según el tratamiento en los cafetos jóvenes y fueron menos variables para todos los tratamientos aplicados a cafetos adultos. Por lo tanto, se tomaron dos enfoques distintos para el análisis de los datos. Primeramente se analizaron las poblaciones de *P. coffeae* para el conjunto de los cafetos muestreados (jóvenes

y adultos), y después se analizaron por separado en cafetos adultos y jóvenes.

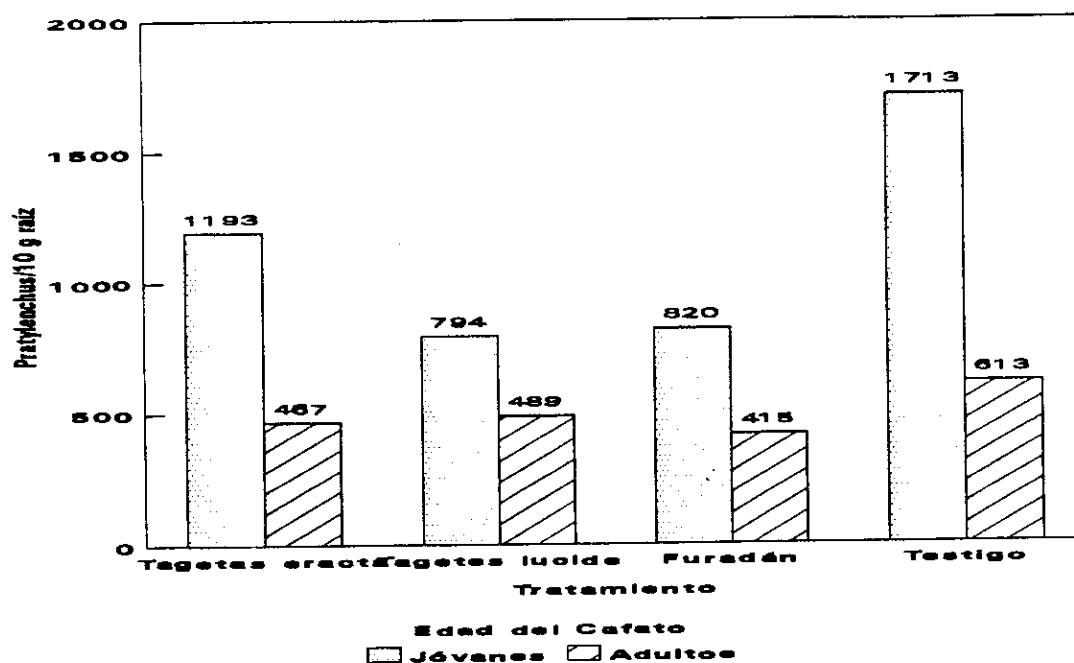


Figura 5

Densidad de *Pratylenchus* en cafetos jóvenes y adultos tratados con los diferentes tipos de control de nemátodos

### C. *P. coffeae* en cafetos jóvenes y adultos

El primer requisito que deben cumplir los datos para que se pueda aplicar un análisis de varianza es que los datos tengan una distribución normal. Se hizo un análisis de la normalidad de los datos brutos. Al trazar el histograma

de los datos brutos (número de *Pratylenchus*/10 g de raíz) observamos que éste tenía un fuerte sesgo (apéndice D, Figura 11). Esto se confirmó en la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S), en la que se aceptó con una significancia muy alta ( $P < 0.0001$ ) que la distribución de los datos brutos no es normal (apéndice D, Cuadro 11). Sin embargo, como se indicó en la metodología, la variable de daño que se analizó no fue el número bruto de nemátodos sino el área bajo la curva trazada por las curvas poblacionales (Figura 6). El histograma de esta variable (apéndice D, Figura 12) muestra que el sesgo de la distribución disminuyó pero no lo suficiente para poder aplicar una prueba paramétrica. La prueba K-S confirmó que la distribución de la variable *Pratylenchus*-día no fue normal ( $P < 0.04$ ) (apéndice D, Cuadro 12). Debido a esta falta de normalidad se aplicó una transformación logarítmica ( $\log(x + 1)$ ) a los datos obtenidos al calcular el área bajo la curva. El histograma (Apéndice D, Figura 13) de esta nueva variable ( $\log(\text{Pratylenchus-día} + 1)$ ) demuestra que esta distribución sí fue normal lo que también se reflejó en la prueba de K-S ( $P > 0.2$ ) (apéndice D, Cuadro 13). Esta variable transformada se utilizó en el análisis del conjunto de datos y para todos los análisis siguientes.

En las curvas poblacionales de *P. coffeae* se observó que los tratamientos con *T. lucida* y Furadán mantuvieron las poblaciones del nemátodo más bajas, mientras que en el testigo hubo un pico grande y *T. erecta* no tuvo un comportamiento definido (Figura 6).

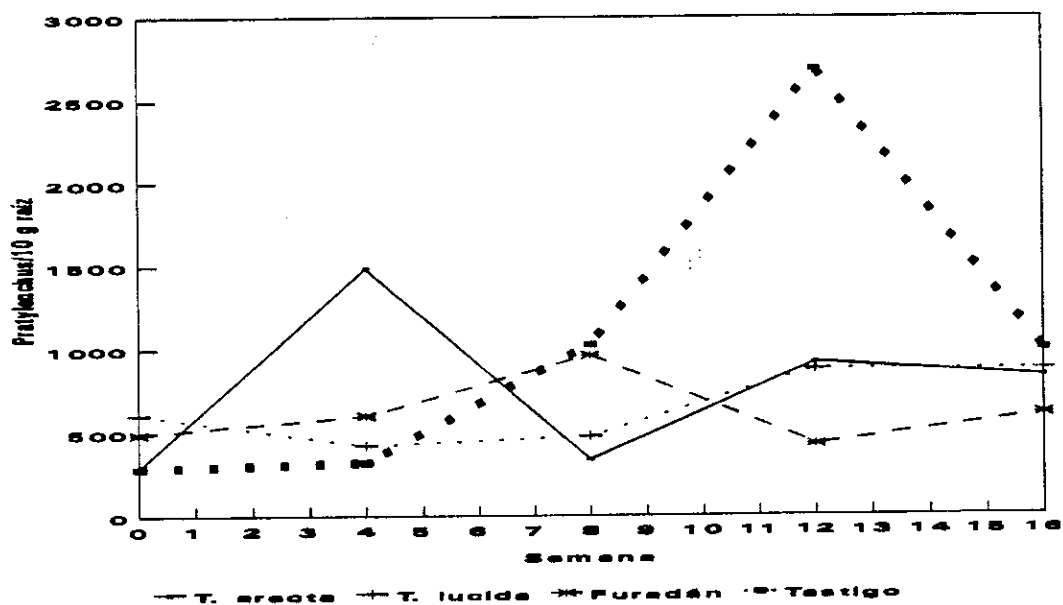


Figura 6

Densidades poblacionales de *P. coffeae* para los cafetos jóvenes y adultos, en los diferentes tratamientos durante todas las fechas de muestreo

Para determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos fueron significativas se realizó un análisis de varianza (Cuadro 4).

Cuadro 4

Análisis de varianza de las densidades de *P. coffeae* (log (Prat-día+1)) para los cafetos jóvenes y adultos, en los diferentes tratamientos durante todas las fechas de muestreo

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Probabilidad de F
Residual	2.7	14	0.19		
Constante	2967.48	1	2967.48	15361.91	0.000
Bloque	0.21	2	0.11	0.55	0.589
Tratamientos	0.88	3	0.29	1.52	0.253
Edad	2.14	1	2.14	11.09	0.005
Trata * Edad	0.16	3	0.05	0.28	0.840

El factor edad (edad de los cafetos) resultó significativo, que confirma las observaciones hechas anteriormente (Figura 5). Se puede afirmar que sí existe una diferencia significativa en las densidades de *P. coffeae* entre los cafetos jóvenes y adultos. En cuanto al efecto de los tratamientos, no se pudieron detectar diferencias significativas. Estas observaciones justificaron un análisis separado de las densidades de *P. coffeae* en cafetos adultos y en jóvenes para ver si estas tendencias se mantenían.

#### D. *P. coffeae* en cafetos adultos

La variable que se analizó fue  $\log (Praty\text{-}d\acute{a}a + 1)$ , ya que mostró una distribución normal de los datos ( Apéndice E, Figura 14), que se confirmó al aplicar la prueba de K-S en la que se aceptó la  $H_0$ , que establecía que la distribución de los datos fue normal (significancia  $>0.200$ ) (Apéndice D, Cuadro 14). No se observó ningún efecto aparente de los tratamientos sobre las poblaciones de *P. coffeae* en los cafetos adultos (Figura 7).

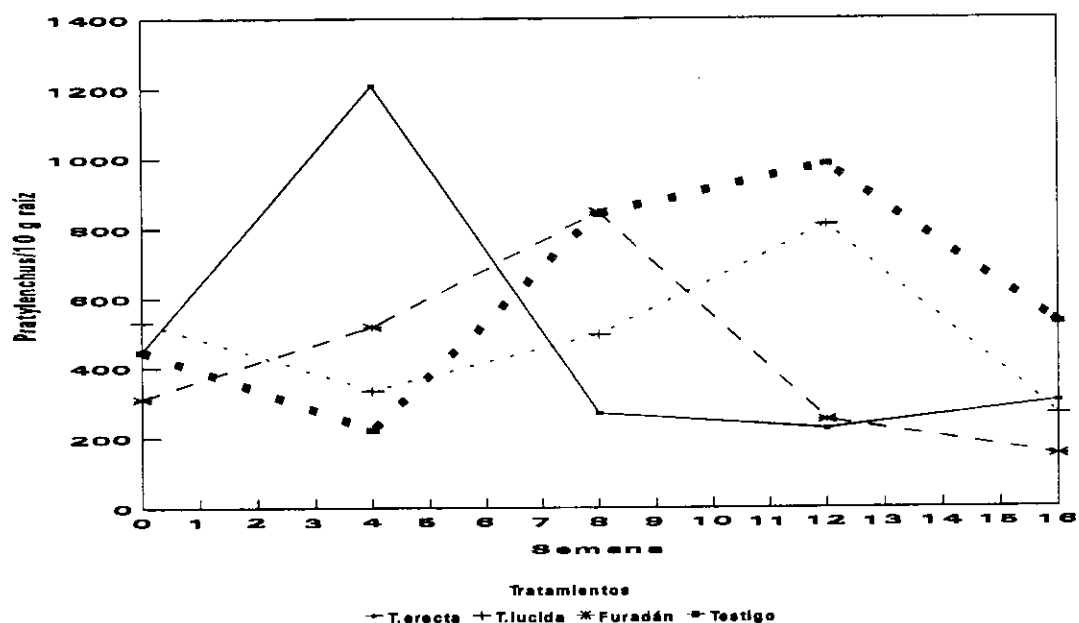


Figura 7

Densidades poblacionales de *P. coffeae* para los cafetos adultos, en los diferentes tratamientos durante todas las fechas de muestreo

La falta de efecto de los tratamientos se confirmó en el análisis de varianza en el cual no se detectaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5

Análisis de varianza de las densidades de *P.coffeae* ( $\log(\text{Prat-día}+1)$ ) para los cafetos adultos, en los diferentes tratamientos durante todas las fechas de muestreo

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Probabilidad de F
Residual	0.15	2	0.8		
Constante	1405.09	1	1405.09	18449.54	0.000
Tratamientos	0.15	3	0.05	0.64	0.657
Trata * Bloque	0.67	6	0.11	1.46	0.461

La falta de efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de *P.coffeae* de los cafetos adultos sugiere que las tendencias observadas para los datos globales (cafetos jóvenes y adultos) (Figura 6) se debieron, principalmente, al efecto de los tratamientos sobre las poblaciones del nemátodo en plantas jóvenes.

#### E. *P.coffeae* en cafetos jóvenes

En este caso la variable analizada también fue  $\log(\text{Prat-día} + 1)$ , que mostró una distribución normal tanto en el histograma (Apéndice D, Figura 15) como en la prueba de K-S (significancia  $>0.200$ ) (Apéndice D, Cuadro 15).

Al graficar los cambios poblacionales se pueden ver las mismas tendencias que para el total de los datos (cafetos jóvenes y adultos) (Figura 8). Los tratamientos con *T. lucida* y con Furadán mantuvieron las poblaciones de *P. coffeae* bajas en relación al testigo y el tratamiento con *T. erecta*.

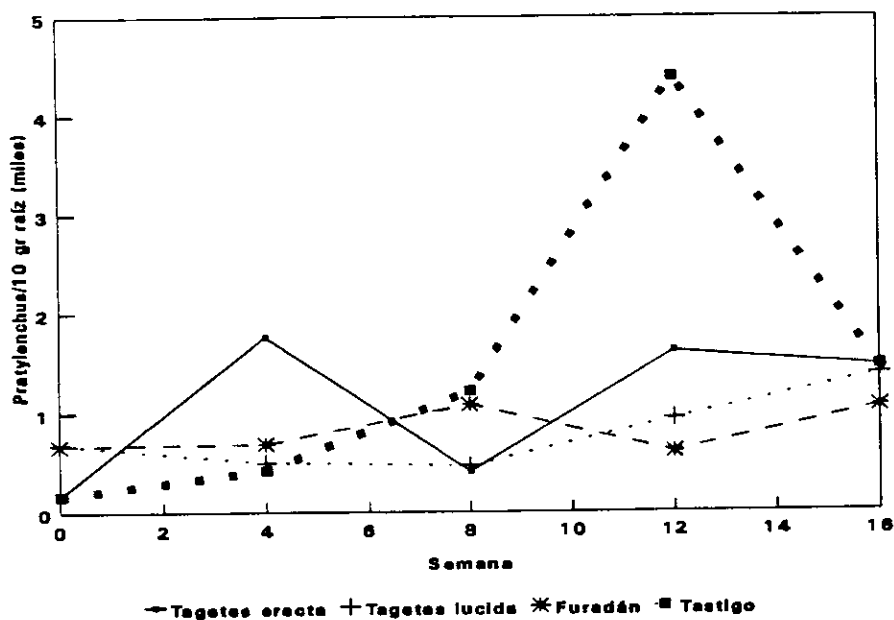


Figura 8

Densidades poblacionales de *P. coffeae* para los cafetos jóvenes, en los diferentes tratamientos durante todas las fechas de muestreo

El análisis estadístico de estos datos (Cuadro 6) mostró diferencia entre los tratamientos. La significancia del factor tratamientos es baja (  $P = 0.110$ ), pero por tratarse de datos biológicos exploratorios se considerará significativa.

Cuadro 6

Análisis de varianza de las densidades de *P.coffeae* (log (Prat-día+1)) para los cafetos jóvenes, en los diferentes tratamientos durante todas las fechas de muestreo

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Probabilidad de F
Residual	.07	2	0.04		
Constante	1564.54	1	1564.54	43149.66	0.000
Tratamientos	0.89	3	0.30	8.23	0.110
Trata * Bloque	2.03	6	0.34	9.31	0.100

Para detectar entre cuáles tratamientos existió una diferencia se hizo un análisis de contrastes ortogonales definidos a priori (Cuadro 7). La probabilidad de F del contraste que compara los tratamientos con el testigo fue la más baja, pero no lo suficiente para rechazar la hipótesis nula, sin embargo sí muestra una tendencia.

Cuadro 7

Análisis de contrastes ortogonales para las densidades de *P. coffeae* ( $\log(\text{Prat-día}+1)$ ) en cafetos jóvenes

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Probabilidad de F
Residual	2.1	8	0.26		
Constante	1564.54	1	1564.54	5966.21	0.000
Testigo vs. Tratamientos	0.44	1	0.44	1.68	0.231
<i>Tagetes</i> vs. <i>Furadán</i>	0.01	1	0.01	0.02	0.880
<i>T. erecta</i> vs. <i>T. lucida</i>	0.45	1	0.45	1.71	0.227

Para obtener más detalle en los resultados se compararon individualmente las medias con una prueba de mínima diferencia significativa (MDS, también conocida como LSD) (Cuadro 8).

Cuadro 8

Comparación de las medias al 10% de los diferentes tratamientos para  $\log(\text{Praty-día} + 1)$  en cafetos jóvenes

G R U P O	1	2	3	4	Grupo
	G	1			
R	2				2 = <i>Tagetes lucida</i>
U	3				3 = <i>Furadán</i>
P	4	*			4 = Testigo absoluto
O					

\* = Grupos entre los cuales se encontró una diferencia significativa usando la prueba MDS al 10%.

Este análisis confirmó la diferencia más obvia entre el testigo y el tratamiento con *T. lucida*.

Para distinguir entre cuáles otros tratamientos existió una diferencia (no altamente significativa pero que sí muestra una tendencia), se hizo una prueba de MDS al 15% (Cuadro 9).

Cuadro 9

Comparación de las medias al 15% de los diferentes tratamientos para  $\log(\text{Praty-día} + 1)$  en cafetos jóvenes

G R U P O		1	2	3	4	Grupo
G	1		*			1 = <i>Tagetes erecta</i>
R	2					2 = <i>Tagetes lucida</i>
U	3					3 = Furadán
P	4		*			4 = Testigo absoluto
O						

\* = Grupos entre los cuales se encontró una diferencia significativa usando la prueba MDS al 15%.

Se puede notar que existe diferencia entre *T. lucida* y *T. erecta*, además de la que existe con el testigo.

Las tendencias observadas para las poblaciones de *P. coffeae* en cafetos jóvenes para el promedio de los bloques no son las mismas que las que existen en cada bloque (Figura 9).

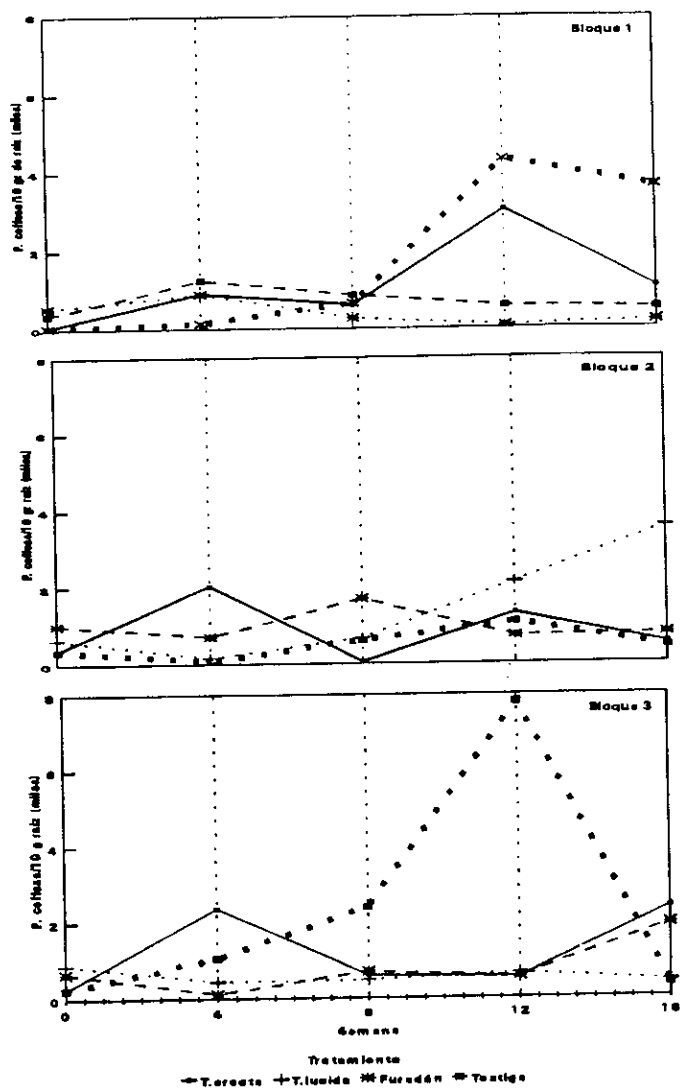


Figura 9

Densidades poblacionales de *P. coffeae* en los cafetos jóvenes para todos los tratamientos durante todas las fechas de muestreo en cada bloque

El único factor medido que diferencia los bloques fue la cantidad de sombra, que fue mayor en el bloque 2 que en el 1 y 3 (Figura 10).

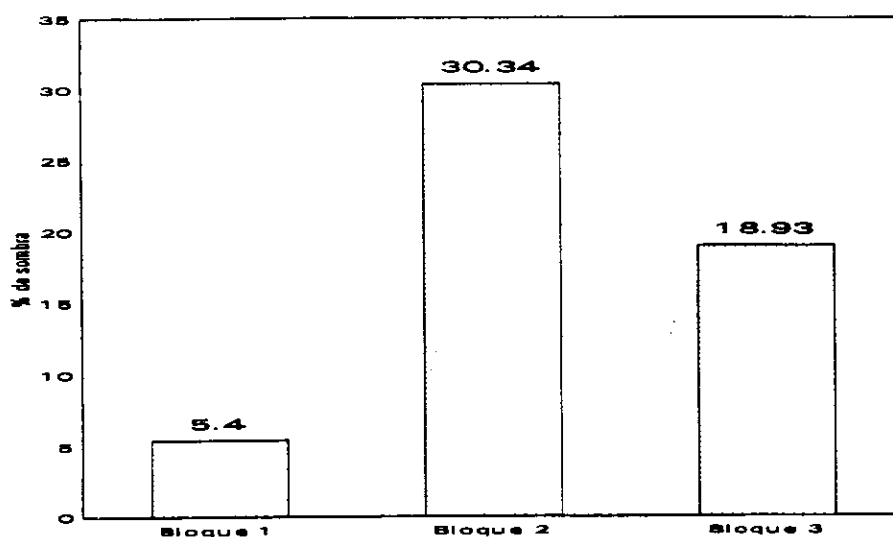


Figura 10

Promedio del porcentaje de sombra de cada bloque para todos los tratamientos y todas las fechas de muestreo

## VI. DISCUSION

Al identificar los nemátodos fitoparasíticos se pudo observar la clara dominancia de *Pratylenchus coffeae* por lo cual se estudió únicamente el efecto de los tratamientos sobre esta especie. Esta diferencia resultó altamente significativa al hacer un análisis de varianza de una vía ( $F=106.4$ ,  $P=0.0000$ , Apéndice D, Cuadro 10). La dominancia de esta especie era de esperarse ya que en estudios previos realizados en esta finca ya se había encontrado la misma tendencia (Quirós, 1994).

La falta de normalidad encontrada en la distribución de las frecuencias de *P. coffeae* se debió probablemente a que tuvieron una distribución agregada en el campo, debida a patrones de distribución horizontales y verticales irregulares, heterogeneidad del suelo (drenaje, textura, pH), historial de las prácticas agrícolas, etc (McSorley, 1987). Además los nemátodos pueden tener una distribución heterogénea dentro de la misma planta, es decir que pueden haber porciones de la raíz infectadas y otras que no lo estén (Ferris y Wilson, 1987). Esta falta de homogeneidad en la distribución tuvo como consecuencia que algunas muestras estuvieran altamente infectadas y otras no tuvieran muchos

nemátodos. El muestreo intensivo en parcelas relativamente pequeñas (ver metodología) no fue suficiente para paliar este efecto.

Al analizar la variable de daño (*Pratylenchus*-día) para el conjunto de datos (poblaciones en cafetos jóvenes y cafetos adultos), no se puede saber si las tendencias observadas (Figura 6) se debieron a que los tratamientos tuvieron un efecto sobre las poblaciones de nemátodos en los cafetos jóvenes, en los adultos o en ambos. La Figura 5 sugiere que el efecto se dio únicamente en los cafetos jóvenes.

Para verificar esta observación se analizaron independientemente los cafetos jóvenes y adultos. Al graficar las curvas poblacionales de *P. coffeae* en cafetos adultos se encontró que no existió un efecto definido de los distintos tratamientos sobre las densidades de este nemátodo. Todos estos tratamientos tuvieron un pico poblacional similar en magnitud al del testigo (Figura 7), por lo que ninguno de ellos constituyó un control eficiente de esta plaga. Estadísticamente, no existió ninguna diferencia significativa para el factor tratamiento ( $F=0.64$ ,  $P=0.657$ ; Cuadro 5). Esto probablemente se debió a que en los cafetos adultos las poblaciones de nemátodos eran "residentes". El hecho de estar establecidas dentro de las raíces antes de la

aplicación del tratamiento las hizo menos susceptibles al efecto de los tratamientos (Thomanson, 1985). Las plantas de *Tagetes* pudieron tener un efecto por los exudados de las raíces o como un cultivo trampa. En ambos casos el efecto a corto plazo de *Tagetes* sobre los nemátodos ya establecidos en las raíces de cafetos adultos hubiera sido mínimo por la falta de contacto. Este argumento no es válido para explicar la falta de eficiencia del Furadán, ya que éste es un nematicida sistémico (Heald, 1987). Probablemente la dosis recomendada por el fabricante no fue suficiente como para provocar una baja masiva en las poblaciones de *P. coffeae*. Otra razón podría ser que el efecto del Furadán haya sido de muy corta duración por la descomposición del nematicida (Van Gundy y McKenry, 1977; Bromilow, 1973), por el efecto absorbente del suelo y de la materia orgánica (Heald, 1987; Thomanson, 1985; Van Gundy y McKenry, 1977), o por resistencia al químico.

La similitud entre las curvas poblacionales globales (Figura 6) y las de los cafetos jóvenes (Figura 8) se debió a que las densidades de *P. coffeae* en cafetos jóvenes fueron significativamente más altas que en cafetos adultos (Factor edad:  $F=11.09$ ,  $P=0.005$ ; Cuadro 4), por lo que éstas determinan las tendencias de los datos globales.

La diferencia de las densidades de *P.coffeae* en cafetos jóvenes entre los tratamientos se hace más notoria (Figura 8). Se puede distinguir claramente que las poblaciones del testigo fueron las más altas y las del tratamiento con *T.lucida* las más bajas. Esto se traduce en una mayor significancia en el efecto de los tratamientos ( $F=8.23$ ,  $P=0.11$ ; Cuadro 6). Para separar los efectos de los distintos tratamientos, se hizo un análisis de contrastes ortogonales y uno de comparación de medias individuales. En el análisis de contrastes se obtuvieron significancias bajas (Cuadro 7), a pesar que sí existía una diferencia para el factor "Tratamientos" en el ANDEVA general (Cuadro 6). Esta falta de significancia probablemente se debió a que los contrastes incluían, dentro de un mismo grupo, tratamientos que tuvieron efecto y tratamientos que no lo tuvieron. El efecto de un tratamiento pudo ser "enmascarado" por la falta de efecto de otro(s) tratamiento(s) del mismo grupo. Al comparar las medias, una a una, se pudo constatar que las densidades de *T.lucida* fueron significativamente más bajas que las de *T.erecta* ( $P=0.15$ ; Cuadro 9) y el testigo ( $P=0.10$ ; Cuadro 8). Hay que tomar esta afirmación con cierta reserva, ya que se asumió que existe 10 y 15% de probabilidad de equivocación al rechazar la  $H_0$ . Sin embargo para datos

biológicos en los que existe una gran variabilidad aleatoria se puede aceptar este margen de error, por lo menos en un estudio exploratorio como éste.

Los resultados presentados anteriormente sugieren que *T. lucida* funcionó como una barrera que evitó la penetración de los nemátodos a la raíz de los cafetos jóvenes. Esta idea se apoya en el hecho que el tiempo transcurrido entre trasplante de los cafetos y la aplicación del tratamiento fue de aproximadamente 2 meses para *T. erecta* y de tres y medio para *T. lucida*. Durante este tiempo los nemátodos pudieron invadir libremente las raíces. Por lo tanto era de esperar que las densidades de nemátodos en las parcelas tratadas con pericón y Furadán fueran, en un inicio, más altas que en las de flor de muerto y el testigo. Esta suposición resultó verdadera, ya que las poblaciones de *Pratylenchus* en los tratamientos de *T. lucida* y Furadán fueron aproximadamente el doble que para el tratamiento con *T. erecta* para la semana 0 (Figura 8). Sin embargo estos niveles poblacionales iniciales fueron muy bajos en comparación de los niveles pico del testigo. Esto apoya la hipótesis de que el pericón fue eficiente como una medida preventiva pero que tuvo poco efecto a corto plazo sobre los nemátodos que ya habían invadido la raíz del cafeto. A partir de la semana 8, se

pudo ver un incremento muy marcado en los niveles poblacionales del testigo y del tratamiento con *T. erecta*, mientras que los tratamientos con *T. lucida* y con Furadán mantuvieron una densidad baja durante los 16 semanas de muestreo.

El mecanismo por el cual *T. lucida* mantuvo bajas las poblaciones de *Pratylenchus* pudo ser por emisión de exudados radiculares nematicidas, por funcionar como un cultivo trampa o por ambos (NAS, 1968; Siddiqui y Alam, 1988; Siddiqui y Alam, 1987 a y b; Tang et. al., 1987; Wallace, 1963). El hecho de que *T. lucida* haya tenido una mayor eficiencia que *T. erecta* podría atribuirse a varias causas. Primeramente, la variedad de *T. erecta* que se utilizó fue mejorada para la producción de flores grandes. Esta selección genética a favor de la flor podría haber afectado su capacidad de producir exudados nematicidas. Otra explicación, más probable, es que la mayor cobertura horizontal y vertical de la rizosfera del pericón aumentó su área de contacto y, por lo tanto, su eficiencia como cultivo trampa y en la dispersión de exudados radiculares. En observaciones en el campo se constató que las raíces del pericón profundizaban hasta unos 35 cm y tenían un radio aproximadamente del mismo tamaño, mientras que la flor de muerto tenía una raíz mucho más superficial, unos 10 cm de

profundidad y con un radio de unos 8 cm. La mayor efectividad del pericón sobre el Furadán se podría deber a la descomposición rápida del Furadán y, por lo tanto, el restablecimiento de las poblaciones de *P. coffeae* en la raíz.

El aumento de la densidad del testigo (Figura 8) se debió a que en estas parcelas el único hospedante disponible fue el café, ya que estas parcelas se mantuvieron libres de malezas. Los nemátodos pudieron reproducirse en los cafetos sin ninguna interferencia. El descenso de la densidad en la semana 16, en noviembre, coincidió con el final de las lluvias. Este mismo patrón se pudo observar en el estudio de la dinámica poblacional de *P. coffeae* realizado en la misma finca (Quirós, 1994). La baja en la población podría ser atribuida a que *Pratylenchus* es muy sensible a los cambios de humedad en su medio. La desecación y el aumento de temperatura del suelo pudieron afectar la dispersión y la reproducción del nemátodos (NAS, 1968); estas condiciones son aún más extremas cuando los cafetos son sembrados al sol. Este descenso no se puede considerar como una regulación natural que justifique el hecho de no controlar las poblaciones de *P. coffeae*, ya que un daño importante en la raíz del cafeto

pudo ocurrir mientras las densidades del nemátodo fueron altas.

Al desglosar los resultados y observar las curvas poblacionales para cada bloque por separado, (Figura 9) podemos notar que las tendencias observadas en la gráfica promedio (Figura 8) no se mantuvieron para los tres bloques. En el bloque 2 no existió un patrón definido de comportamiento de las poblaciones ni una diferencia clara entre los cuatro tratamientos, y el número de nemátodos fue mucho más bajo que en los otros dos bloques. El bloque 2 presentaba en el campo la mayor cantidad de sombra (Figura 10) y, por lo tanto, más hojarasca y materia orgánica en el suelo de los tres bloques estudiados. Podemos suponer que estos factores también tienen un efecto sobre las poblaciones de nemátodos. Se sabe que la humedad, la materia orgánica y la hojarasca ayudan a mantener micro biota del suelo más rica (Fassbender y Bornemiza, 1987). Esta pudo contener enemigos naturales de los nemátodos como son hongos, ácaros y bacterias (NAS, 1968), lo que explicaría que aun en el testigo las poblaciones de *P. coffeae* se mantuvieron bajas. Esto es una hipótesis comprobable y el estudio del efecto de la sombra y la materia orgánica sobre las poblaciones de nemátodos es tema para una investigación posterior. La

materia orgánica tiene además la facultad de formar complejos insolubles con los nematicidas químicos (Van Gundy y McKenry, 1977; Heald, 1987), lo que explicaría el hecho de que en este bloque no se observaron efectos del Furadán. La falta de efectividad de *Tagetes* pudo deberse a que las condiciones sombreadas no favorecen su desarrollo óptimo y podrían haber afectado sus propiedades antihelmínticas.

Los resultados que se obtuvieron sugieren que *T. lucida* podría ser utilizada como una alternativa para el control de nemátodos fitoparasíticos. Para ello tendría que modificarse la metodología utilizada en este estudio para que sea más compatible con un manejo agronómico a gran escala. Se podrían hacer ensayos donde el manejo del pericón representara menos trabajo, como por ejemplo sembrar las semillas al voleo, sembrar el pericón en surcos alternos a los del café, etc. Una de las desventajas que presentaría el uso del pericón sería el control de su densidad y la de otras malezas. Este problema podría ser solucionado parcialmente al sembrar esta planta en surcos, lo que facilitaría la limpia del área alrededor del café. Otra desventaja es que los *Tagetes* no se desarrollan bien en áreas muy sombreadas por lo que su uso se restringiría a cultivos al sol o con sombra poco densa.

Este estudio sugiere hacer una limpia antes de la siembra de los cafetos para eliminar hospederos alternativos de *P. coffeae* y sembrar *T. lucida* para eliminar los nemátodos que queden en el suelo. Se podría dejar esta plantación de *Tagetes* durante algunos meses y luego sembrar cafetos provenientes de almácigos desinfectados y libres de nemátodos fitoparasíticos.

Para estudiar más a fondo el uso de plantas del género *Tagetes* como alternativa para el control de nemátodos sería necesario estudiar un mayor número de variedades. Existen variedades de *Tagetes erecta* comercializadas por sus propiedades nematocidas, por lo que sería interesante hacer ensayos con estas variedades comerciales y con variedades silvestres poco estudiadas.

Antes de hacer cualquier aplicación de *Tagetes* a gran escala hay que considerar los efectos negativos que esta planta podría tener por competencia o por alelopatía. Por lo tanto, antes de tomar cualquier decisión de manejo es indispensable determinar si los beneficios obtenidos por el uso de *T. lucida*, como una medida de control, sobrepasan las posibles pérdidas por la interferencia con el cultivo.

## VII. CONCLUSIONES

- El tratamiento de los cafetos jóvenes con cultivo acompañado de *T. lucida* redujo significativamente las poblaciones de nemátodos de la especie *Pratylenchus coffea*.
- El tratamiento de los cafetos jóvenes con cultivo acompañado de *Tagetes erecta* no redujo significativamente las poblaciones de nemátodos de la especie *Pratylenchus coffea*.
- No existe una diferencia significativa entre el efecto del Furadán y el de *Tagetes lucida* sobre las poblaciones de *Pratylenchus coffea*.
- No se observó diferencia significativa alguna entre el efecto de los cuatro tratamientos sobre las poblaciones de *Pratylenchus coffea* en los cafetos adultos.

## VIII. RECOMENDACIONES

Uno de los estudios que sugiere este trabajo es probar una mayor diversidad de plantas, por ejemplo diferentes variedades de *T. erecta* y *T. lucida*, para determinar su potencial nematicida. También se podría investigar el efecto biológico y la viabilidad económica de varias metodologías de control de nemátodos con *Tagetes* que fueran más compatibles con el manejo de una plantación comercial. Antes de la adopción de una práctica cultural que involucrara el uso de *Tagetes* se deberían determinar, mediante experimentación, los posibles efectos de competencia y alelopatía que estas plantas pudieran tener sobre el cultivo.

## IX. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. 1988. Fitopatología. 2a. ed. Editorial Limusa, México D.F.. 756 pp.
- Barnes, R. 1986. Zoología de los invertebrados. Tercera ed. Nueva editorial Interamericana, México DF. 1157pp.
- Bird, G. 1987. Role of nematology in integrated pest management programs. In Veech, J. and D. Dickson (eds.). Vistas on nematology. Society of Nematologists, Inc., E. O. Painter Printing Co., DeLeon Springs. 509 pp.
- Brenner, S. 1974. The genetics of *Caenorhabditis elegans*. Citado por Van Gundy, S. y M. McKenry. 1977. Action of nematicides. In Horsefall, J. and E. Cowlings (eds.). Plant disease, an advanced treatise. vol.I. Academic Press, New York. 283 pp.
- Bromilow, R. 1973. Citado por Van Gundy, S. y M. McKenry. 1977. Action of nematicides. In Horsefall, J. and E. Cowlings (eds.). Plant disease, an advanced treatise. vol.I. Academic Press, New York. 283 pp.
- Campbell, R. 1989. Statistics for biologists. 3rd. ed. Cambridge University Press, Cambridge. 446 pp.

- Christie, J. 1979. Nemátodos de los vegetales, su ecología y su control. Editorial Limusa S.A., México DF. 275
- Ferris H. y L. Wilson. 1987. Concepts and principles of population dynamics. In Veech, J. and D. Dickson (eds.). Vistas on nematology. Society of Nematologists, Inc., E. O. Painter Printing Co., DeLeon Springs. 509 pp.
- Fassbender, H. y E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Fessenden, R. y J. Fessenden. 1983. Química orgánica. 2a. edición. Grupo editorial Iberoamérica, México DF. 1076 pp.
- Fluiter, H. DE. 1947. Citado por Whitehead, A. 1969. Nematodes attacking coffee, tea and cocoa, and their control. In Peachey, J.(ed.). Nematodes of tropical crops. Spottiswoode, Ballantyne & Co. Ltd., London. 355 pp.
- García, A. 1986. "Mal de Viñas" diagnóstico - proyecto de investigación. Asociación Nacional del Café, Guatemala. 27 pp.

- García, A. 1989. Mal de Viñas, informe preliminar. Primer seminario taller sobre estudios del Mal de Viñas del cafeto. Guatemala. 12 pp.
- Grainge, M. and S. Ahmed. 1988. Handbook of plants with pest control properties. John Wiley & Sons, New York. 470 pp.
- GEXPRONT (Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales de Guatemala), 1992. Ingreso de divisas por exportaciones. Guatemala.
- Hackney, R.W. y O.J, Dickerson. 1975. In Grainge, M. y S. Ahmed. 1988. Handbook of plants with pest-control properties. John Wiley & Sons, New York. 470 pp.
- Harrison, M.y W. Mai. 1985. Clave ilustrada para la identificación de 16 géneros de nemátodos fitoparasíticos. In Zuckerman, B., W. Mai y M. Harrison. Fitonematología: manual de laboratorio. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 248 pp.
- Heald, C. M. 1987. Classical nematode management practices. In Veech, J. and D. Dickson (eds.). Vistas on nematology. Society of Nematologists, Inc., E. O. Painter Printing Co., DeLeon Springs, Florida. 509 pp.

- INSTINDNAC (Instituto Indigenista Nacional), 1971. Aspectos de la medicina popular en el área rural de Guatemala. Ed. INSTINDNAC, Guatemala. 330 pp.
- Ketel, D. 1986. In Mukundan, U. y M. Hjortso. 1990. Thiophene content in normal and transformed root cultures of *Tagetes erecta*: a comparison with thiophene content in roots of intact plants. *Journal of Experimental Botany*, 41 (232): 1497-1501.
- Khan, A.M., S.K. Saxena y Z.A. Ziddiqui. 1970. En Grainge, M. and S.Ahmed. 1988. Handbook of plants with pest-control properties. John Wiley & Sons, New York. 470 pp.
- Kumar, A. 1988. Nematode problems of coffee and its management. *Indian Coffee* 52(7): 12-19.
- Le Pelley. 1968. Pests of coffee. Logmans Green and Co.Ltd., London. 561 pp.
- MacDonald, D. H. 1976. Effects of continued application of aldicarb to greenhouse rose beds infested with *Pratylenchus hamatus*. Citado por Van Gundy, S.D. y M. McKenry. Action of nematicides. In Horsfall, J. and E. Cowling (eds.). 1977. *Plant diseases, an advanced treatise*, vol. I. Academic Press, New York. 283 pp.

- MacVean, C. 1992. (ed.) Causas y naturaleza del Mal de Viñas en cafetos de Guatemala. Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 13 pp.
- MacVean, C., H. Morales y R. Pérez. 1994. Impacto ecológico de los cultivos no tradicionales en el altiplano de Guatemala; efecto sobre plagas, organismos benéficos y suelo. Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales en Guatemala (AVANCSO), Texto para debate No. 5. (julio) Guatemala.
- Marbán, N. 1985. Quimioterapia en nemátodos. In Marbán, N.; I. Thomanson (eds). Fitonematología avanzada I. Colegio de Postgraduados, México DF. 345pp.
- McSorley, G. 1987. Plot size and design for acquisition of field data in nematology. In: Veech, J. and D. Dickson (eds.). Vistas on nematology. Society of Nematologists, Inc., DeLeon Springs. 509 pp.
- Metcalf, R. 1986. The ecology of insecticides and their chemical control of insects. In: Kogan, M. (ed.). Ecological theory and integrated pest management practice. John Wiley & Sons, New York. 361 pp.

- Miller, P.M. y J. F. Ahrens. 1969. Citado por Grainge, M. and S. Ahmed. 1988. Handbook of plants with pest-control properties. John Wiley & Sons, New York. 470 pp.
- Nash, P. y L. Williams. 1976. Volume 24, Part XII: Flora of Guatemala. Field Museum of Natural History, Illinois. 603 pp.
- NAS (National Academy of Sciences). 1968. Control of plant-parasitic nematodes. National Academy of Sciences, Washington, D.C.. 172 pp.
- Niblack, T. y R. Hussey. 1985. Extracción de nemátodos del suelo y de tejidos vegetales, en: Zuckerman, B., W. Mai y M. Harrison. 1985. Fitonematología: manual de laboratorio. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 248 pp.
- Odum, E. 1985. Ecología. Tercera ed. Nueva editorial Interamericana, Mexico D.F. 639 pp.
- Pinochet, J. 1987. Management of plant parasitic nematodes in central america: the panamá experience. In Veech, J. and D. Dickson (eds.). Vistas on nematology. Society of Nematologists, Inc., DeLeon Springs. 509 pp.

- Riveiro, R.D. 1988. Caracterización, distribución, incidencia y severidad del "Mal de Viñas" o fiebre amarilla del café (*Coffea arabica* L.) en la zona cafetalera centro-sur-oriental de Guatemala. Proyecto de investigación "Mal de Viñas", del café, Universidad de San Carlos de Guatemala/ Asociación Nacional del Café, Guatemala. 27 pp.
- Sánchez, A. 1977. Los nemátodos del café, sus daños y métodos de control. Boletín # 14. Asociación Nacional del Café, Guatemala. 24 pp.
- Sasser, J. 1980. Root-knot nematodes: a global menace to crop production. *Plant Disease* 64(1): 36-41.
- Siddiqui, M. y M. Alam. 1987 a. Control of phytonematodes by mixed-culture of *Tagetes lucida*. *Indian Journal of Plant Pathology*, 5(1): 73-78.
- Siddiqui, M. y M. Alam. 1987 b. Utilization of marigold wastes for the control of plant parasitic nematodes. *Biological Wastes*, 21: 221-229.
- Siddiqui, M. y M. Alam. 1988. Control of plant-parasitic nematodes by soil amendment with marigold plant wastes. *Pakistani Journal of Nematology*, 6(2): 55-63.

- Tang, C., C. Wat y G. Towers. 1987. Thiophenes and benzofurans in the undisturbed rhizosphere of *Tagetes patula* L.. *Plant and Soil* 98: 93-97.
- Thomanson, I. 1985. Nematicides. En Marbán, M.; Thomanson I. (eds). Fitonematología avanzada I. Colegio de Postgraduados, México D.F. 345 pp.
- Uhlenbroek, J.H. y J.D. Bijloo. 1958. Citado por Grainge, M. y S.Ahmed. 1988. Handbook of plants with pest-control properties. John Wiley & Sons, New York. 470 pp.
- UVG. 1991. Registros del proyecto de Mal de Viñas. Instituto de investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Van Gundy, S.D y M. McKenry . 1977. Action of Nematicides. In Horsfall, J. and E. Cowling (eds). Plant diseases, an advanced treatise, vol.I. Academic Press, New York. 283 pp.
- Viglierchio, D. 1985. Nematode resistance to nematicides. In Marbán, N. e I. Thomason (eds). Fitonematología avanzada I. Editorial del Colegio de Post Graduados, México DF. 345 pp.
- Viglierchio, D. 1991. The world of nematodes. Davis, California. 266 pp.

- Wallace, H.R. 1963. Citado por Siddiqui, M. y M. Alam.  
1987. Control of phytonematodes by mixed-Culture of *Tagetes lucida*. Indian Journal of Plant Pathology, 5(1): 73-78.
- Wallace, H.R. 1973. Nematode ecology and plant disease. Edward Arnold, Oxford. 228 pp.
- Ware, G. 1989. The pesticide book. 3rd edition. Thomson Publication, Fresno. 339pp.
- Whitehead, A. 1960. Os nemátodos parasitas do *Coffea canefora* e a "Morte Súbita" dos cafeeiros em Angola. Revista do Café Português, 7(28) 5-16.
- Whitehead, A. 1969. Nematodes attacking coffee, tea and cocoa, and their control. In Peachey, J.(ed). Nematodes of tropical crops. Spottiswoode, Ballantyne & Co. Ltd., London. 355 pp.
- Wright, D. 1981. Nematicides: mode of action and new approaches in chemical control. In Zuckerman, B. y R. Rhode (eds). Plant parasitic nematodes. Academic Press, New York. 508 pp.
- Zimmerman, A. 1898. Citado por Whitehead, A..1969. Nematodes attacking coffee, tea and cocoa, and their control. In Peachey, J. (ed). Nematodes of tropical crops. Spottiswoode, Ballantyne & Co. Ltd., London. 355 pp.





APENDICE C  
CALENDARIO DE ACTIVIDADES

FECHA	ACTIVIDAD
20 mayo 1992	Siembra de los cafetos jóvenes en el tablón Camelias de la finca El Naranjito
16 julio 1992	Trazado de las parcelas experimentales
20 julio 1992	Siembra de semillas de <i>Tagetes erecta</i> y <i>T.lucida</i> en semillero en la Universidad del Valle
21 agosto 1992	Toma de la muestra 0 de las parcelas de <i>T. erecta</i> y Testigo
17 septiembre 1992	Toma de la muestra 1 de las parcelas de <i>T.erecta</i>
21 septiembre 1992	Toma de la muestra 1 de las parcelas Testigo
7 octubre 1992	Toma de la muestra 0 de las parcelas de Furadán, aplicación del Furadán.
14 octubre 1992	Toma de la muestra 0 de las parcelas <i>T.lucida</i> siembra de las plántulas de <i>T.lucida</i> en el campo
22 octubre 1992	Toma de la muestra 2 de las parcelas de <i>T.erecta</i>

## CALENDARIO DE ACTIVIDADES (... continuación)

FECHA	ACTIVIDAD
26 octubre 1992	Toma de la muestra 2 de las parcelas de Testigo
2 noviembre 1992	Toma de la muestra 1 de las parcelas de <i>T.lucida</i>
11 noviembre 1992	Toma de la muestra 1 de las parcelas de Furadán
18 noviembre 1992	Toma de la muestra 3 de las parcelas de <i>T. erecta</i>
25 noviembre 1992	Toma de la muestra 3 de las parcelas Testigo
2 diciembre 1992	Toma de la muestra 2 de las parcelas de <i>T. lucida</i>
9 diciembre 1992	Toma de la muestra 2 de las parcelas de Furadán
16 diciembre 1992	Toma de la muestra 4 de las parcelas de <i>T. erecta</i> , toma de la muestra 4 de las parcelas Testigo

## CALENDARIO DE ACTIVIDADES (... continuación)

FECHA	ACTIVIDAD
7 enero 1993	Toma de la muestra 3 de las parcelas de <i>T. lucida</i> , toma de la muestra 3 de las parcelas de Furadán
27 enero 1993	Toma de la muestra 4 de las parcelas de <i>T.lucida</i>
3 febrero 1993	Toma de la muestra 4 de las parcelas de Furadán

APENDICE D  
PRUEBAS ESTADISTICAS

Cuadro 10  
Análisis de varianza de una vía para los diferentes  
géneros de nemátodos fitoparasíticos encontrados  
en cafetos jóvenes y adultos

Origen	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Probabilidad
Entre grupos	5	133042709.7	26608541.94	106.4105	0.000
Dentro de grupos	1488	372082602.7	250055.5126		
Total	1493	505125312.4			

Ho: No existen diferencias en las densidades de los diferentes géneros de nemátodos fitoparasíticos.

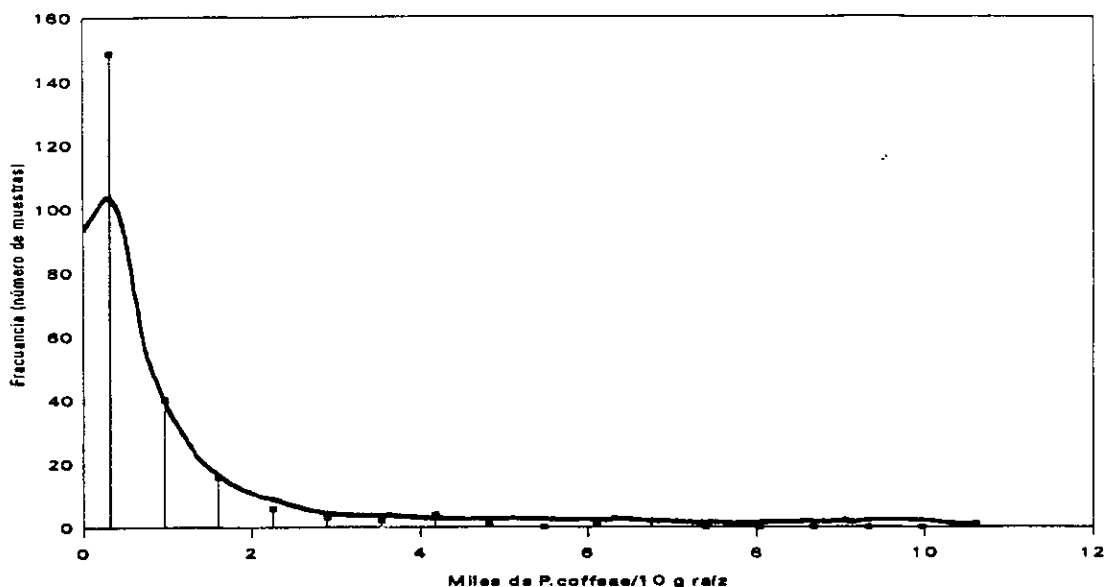


Figura 11

Histograma de la distribución de los datos brutos

(*Pratylenchus*/10 gr raíz) en cafetos jóvenes y adultos

Cuadro 11

Prueba Kolgomorov-Smirnov para determinar la normalidad de la distribución de los datos brutos (*Pratylenchus*/10 gr de

raíz) para cafetos jóvenes y adultos

Prueba	Grados de Libertad	Significancia	Kurtosis del Histograma	Sesgo del Histograma
Kolgomorov-Smirnov (Lilliefords)	249	0.0000	23.7462	4.1297

Ho: Las densidades brutas de *Pratylenchus* en cafetos jóvenes y adultos tienen una distribución normal.

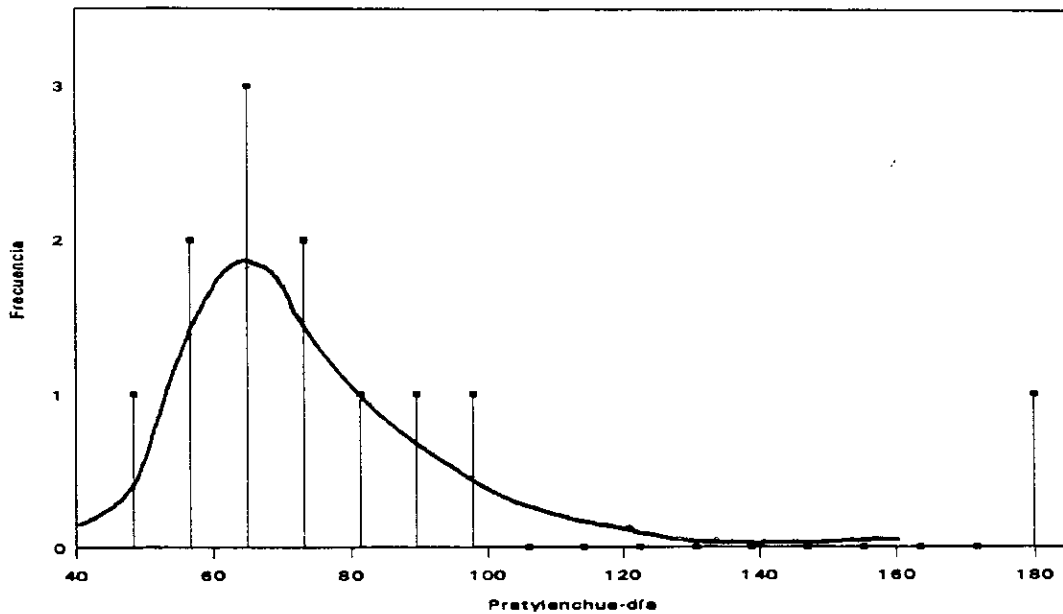


Figura 12

Histograma de la distribución de *Pratylenchus*-día en cafetos jóvenes y adultos (*Pratylenchus*-día representa los datos obtenidos al integrar el area bajo la curva poblacional de los datos brutos)

Cuadro 12

Prueba Kolgomorov-Smirnov para determinar la normalidad de la distribución de *Pratylenchus*-día para cafetos jóvenes y adultos

Prueba	Grados de Libertad	Significancia	Kurtosis del Histograma	Sesgo del Histograma
Kolgomorov-Smirnov (Lilliefords)	12	0.0366	7.3644	2.5041

Ho: Las densidades de *Pratylenchus*-día tienen una distribución normal.

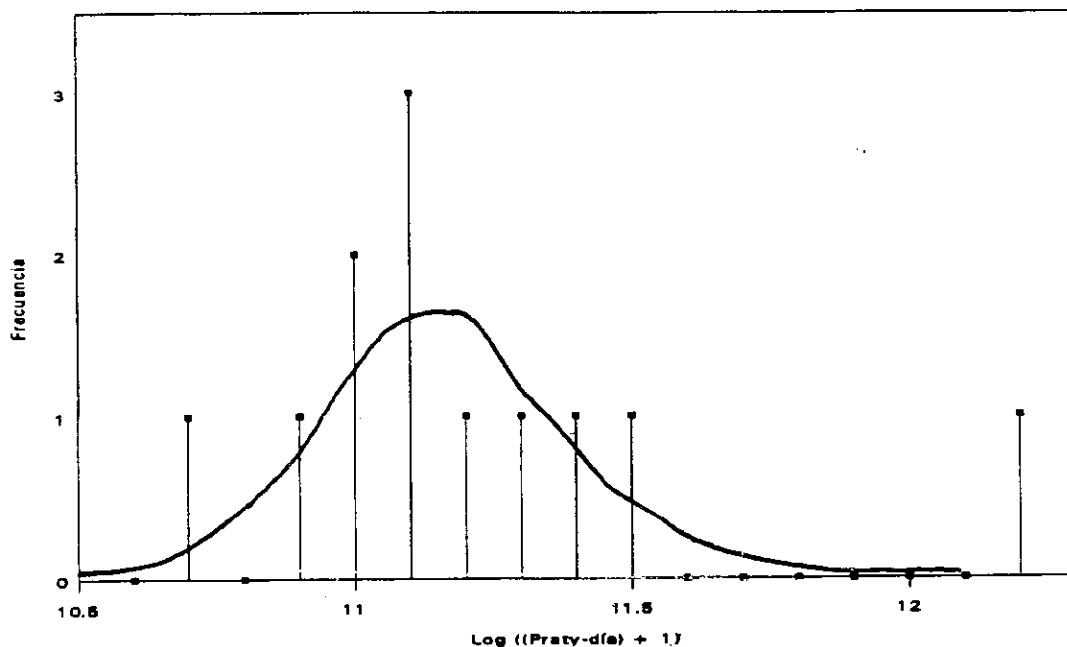


Figura 13

Histograma de la distribución de  $[\log(\text{Pratylenchus-día}+1)]$   
en cafetos jóvenes y adultos

Cuadro 13

Prueba Kolgomorov-Smirnov para determinar la normalidad de  
la distribución de  $[\log(\text{Pratylenchus-día}+1)]$  para cafetos  
jóvenes y adultos

Prueba	Grados de Libertad	Significancia	Kurtosis del Histograma	Sesgo del Histograma
Kolgomorov-Smirnov (Lilliefords)	12	>0.200	4.035	1.599

Ho: Las densidades de *Pratylenchus-día* tienen una distribución normal.

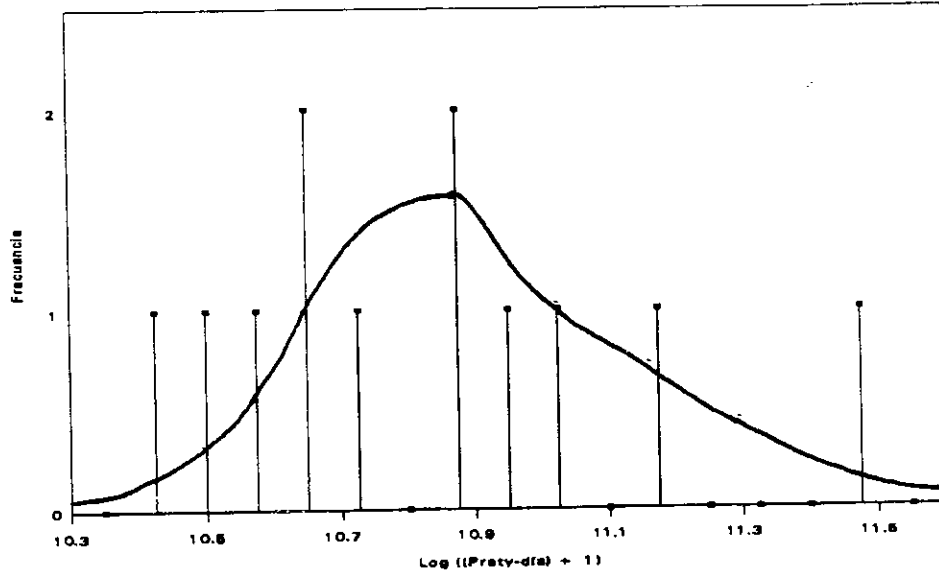


Figura 14

Histograma de la distribución de  $[\log(\text{Pratylenchus-día}+1)]$  en cafetos adultos

Cuadro 14

Prueba Kolgomorov-Smirnov para determinar la normalidad de la distribución de  $[\log(\text{Pratylenchus-día}+1)]$  para cafetos adultos

Prueba	Grados de Libertad	Significancia	Kurtosis del Histograma	Sesgo del Histograma
Kolgomorov-Smirnov (Lilliefords)	12	>0.200	0.3755	0.8011

Ho: Las densidades de *Pratylenchus-día* tienen una distribución normal.

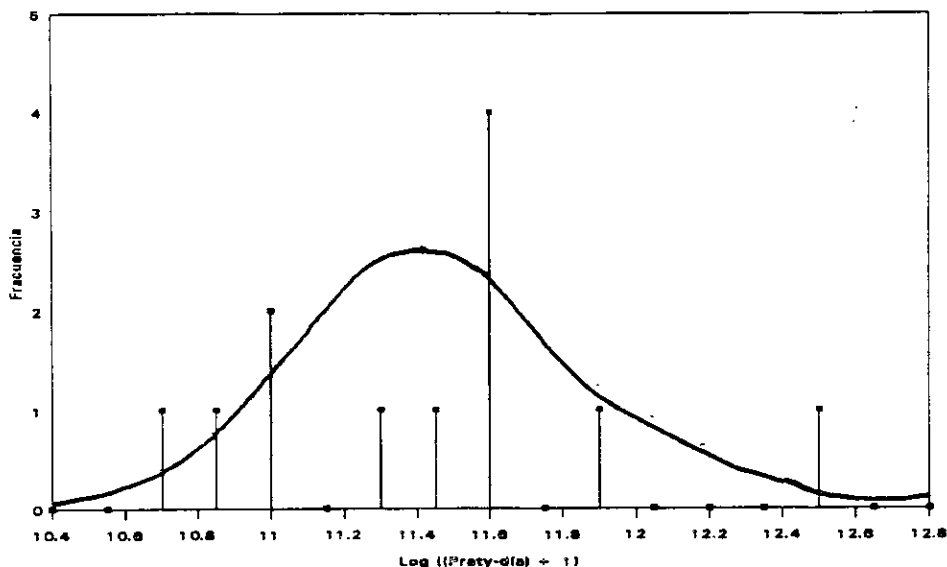


Figura 15

Histograma de la distribución de  $[\log(\text{Pratylenchus-día}+1)]$   
en cafetos jóvenes

Cuadro 15

Prueba Kolgomorov-Smirnov para determinar la normalidad de  
la distribución de  $[\log(\text{Pratylenchus-día}+1)]$  para cafetos  
jóvenes

Prueba	Grados de Libertad	Significancia	Kurtosis del Histograma	Sesgo del Histograma
Kolgomorov-Smirnov (Lilliefords)	12	>0.200	0.4269	0.4858

Ho: Las densidades de *Pratylenchus-día* tienen una distribución normal.

