

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS.

[PRESENTACION Y AGRADECIMIENTOS.doc](#)

[INDICE GENERAL.doc](#)

[RESUMEN.doc](#)



**ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DE GÉNEROS Y DISTRIBUCIÓN
HORIZONTAL DE NEMATODOS FITOPARASÍTICOS ASOCIADOS
AL LIMÓN PERSA *Citrus latifolia* Tanaka,
EN TECULUTÁN Y RÍO HONDO, ZACAPA.**

MYNOR RAFAEL GALVAN CONTRERAS
Carné: 9419527

ASESOR:

ING. AGR. GUSTAVO ÁLVAREZ V.
Col. 1556.

1. INTRODUCCIÓN

El limón persa *Citrus latifolia* Tanaka, es un cultivo que se ha venido explotando los últimos años en la zona del departamento de Zacapa, debido a que las condiciones climáticas son adecuadas. Es un cultivo de interés tanto nacional como internacional por sus propiedades medicinales y de tipo culinario (23).

En Guatemala se carece de información científica desde el punto de vista agronómico acerca de éste cultivo, la cual existe únicamente en países que se han dedicado más a su producción, tales como España, Cuba, Venezuela, Estados Unidos y principalmente México (12).

El departamento de Zacapa es una zona propia del cultivo, donde se ha visto que éste es afectado por el ataque de plagas, lo que hace que su producción disminuya. Hasta el momento no existen estudios sobre la incidencia de las mismas, en éste cultivo. Los nematodos en limón persa representan la vía de acceso para un complejo de hongos de suelo y las consecuencias son reflejadas en una sintomatología que tiende a equivocar los planes de control y manejo.

La investigación se llevó a cabo en los municipios de Teculután y Río Hondo del departamento de Zacapa, que cuenta con 105 hectáreas de producción de limón persa, en las fincas La Cebolla con plantación de 3 años, y Las Margaritas en San José, Teculután ; Los Cerritos y Los Naranjos en Santa Cruz, Río Hondo, con plantaciones de 6 años. Se determinaron 5 géneros de nematodos fitoparasíticos en suelo, asociados al cultivo. Se estableció el porcentaje de incidencia de cada género y su distribución horizontal en cada una de las fincas.

Se pudo establecer un 83.44 % de incidencia para *Macroposthonia* , seguido por *Helicotylenchus* con 82.27 % , *Tylenchorhynchus* con 56.17 % , *Rotylenchulus* con 49.65 % , y *Pratylenchus* con 32.54 % de incidencia. En la mayoría de los casos los géneros presentes en las fincas de limón persa mostraron una distribución horizontal bajo un patrón de focos agregados o contagiosos.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En Guatemala, el cultivo de limón persa está catalogado como un producto no tradicional de exportación (23), siendo de los cultivos frutales que viene tomando importancia en la zona del departamento de Zacapa, y de divisas, generando empleo a la población urbana y rural (23).

Guatemala por su parte exportó hacia Estados Unidos en el período de 1995 a 2001, 2,201,395.0.0 kg, de limón equivalentes a 4,076,844.0 de US \$.

Los principales destinos de exportaciones de limón de Guatemala son Estados Unidos, Costa Rica, El Salvador, Arabia Saudita, Kuwait, Qatar, Bahrain, Honduras, y en menor medida Nicaragua, Alemania y China. Representando las exportaciones de limón hacia éstos países 1,079, 318.46 Kg. Por un monto total de 1.2 millones de US \$. Y para el año 2001 el valor FOB fue 596, 718 con un peso en kilos 500, 764 (23).

Este es un monocultivo, por lo que existen parásitos que pudieran afectar su rendimiento. La falta de conocimiento sobre la existencia o no de nematodos incide en el uso desmedido de nematicidas que elevan costos y contaminan el ambiente, además si éstos existen y no se controlan, provocan pérdidas económicas y de producción.

Por ser un cultivo introducido en el área, no se conoce el estado fitosanitario de los viveros en donde se ha producido el patrón, ni tampoco de los suelos en el área de cultivo y la presencia de nematodos que están asociados directa o indirectamente con el cultivo de limón persa; y dado a que se utilizan patrones como *Citrus volkameriana* Pask, en el cual la tolerancia a nematodos como *Tylenchulus semipenetrans* y *Radopholus similis* se ha observado es insatisfactoria.(cuadro 2). Y aunque en Guatemala no se ha reportado *T. semipenetrans*, si existe *R. similis*. Además de lo anterior es importante que existe simbiosis entre los hongos del suelo - nematodos y las consecuencias que para la huerta cítrica ya establecida o plantas de vivero representa.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 HISTORIA Y DISTRIBUCIÓN DEL LIMÓN PERSA

El cultivo de Limón Persa para Centro América es un cultivo introducido por los españoles durante la colonia de los siglos pasados. Las plantaciones se encuentran dispersas en todo el territorio, tanto en huertos caseros como en plantaciones comerciales.

La etapa previa al establecimiento de plantaciones, como la preparación de viveros es un paso básico en el que hay que aprovechar para combatir enfermedades causadas especialmente por nemátodos, virus, hongos, plagas, entre cuyas formas de control destaca el uso de patrones resistentes (23).

3.1.2 ANTECEDENTES DE LA CITRICULTURA CENTROAMERICANA

Las primeras plantaciones a nivel comercial fueron establecidas en 1930, especialmente naranjas Valencia, Washington, mandarinas y limones.

A partir de 1950 se realiza una labor de fomento con la introducción de materiales procedentes de la Universidad de California, en los Estados Unidos.

En 1970, con el propósito de diversificar se introducen materiales certificados de Estados Unidos.

3.1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA CITRICULTURA Y SU IMPORTANCIA

Los cítricos constituyen una buena opción para que el agricultor mejore sus ingresos, y sería mejor aún contar con estudios que permitan obtener una producción en forma programada.

El bajo nivel tecnológico con que se maneja el cultivo es otra de las limitantes que enfrentan los productores en Centroamérica, debido a que no existe el conocimiento de técnicas que ya son utilizadas en otros países, como por ejemplo la producción de materiales propagativos certificados, libres de las enfermedades más incidentales, y con la debida certeza de su pureza genética.

La producción de materiales vegetativos resistentes o por lo menos tolerantes a plagas y enfermedades es una buena alternativa que países cítricos ya están implementando y con ello garantizan la supervivencia de sus huertas (23).

En la actualidad se cuenta con un área sembrada de cítricos de más o menos 5,000 ha, de las cuales 3,000 ha son de naranja (Valencia y Washington), 1,000 ha de limas ácidas (Lima Persa y Lima Mexicana) y unas 400 ha de mandarinas (daney) y otros cítricos. En el cuadro 1 se presenta el registro de plantaciones con asistencia técnica según PROFRUTA (18).

Los rendimientos oscilan de 7.5 TM/ha a 25 TM/ha, reportándose una producción de 40,000 toneladas de fruta por temporada (18).

Cuadro 1. Distribución de plantaciones de limón persa por departamento.

Escuintla	200 ha.
Chimaltenango	15 ha.
Suchitepéquez	75 ha.
Retalhuleu	140 ha.
Quetzaltenango	9 ha.
San Marcos	16 ha.
Zacapa	75 ha.
Progreso	52 ha.
Jutiapa	8 ha.
Santa Rosa	58 ha.
Alta Verapaz	50 ha.
Totales	698 has.
Fuente: PROFRUTA. Registro de Plantaciones 1998 (19).	

El cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tanaka, es un cultivo con diversas propiedades, tanto medicinales como de tipo culinario, generalmente es consumido en estado fresco preferentemente en hospitales, hogares, restaurantes e industrializado para ser consumido como té (deshidratado).

Los suplementos que produce el fruto de lima persa, pueden ser usados para curar reumatismo, artritis, enfermedades del hígado, propiedades astringentes, antivomitivas, diuréticas, refrescante, infecciones de garganta.

El aceite de la corteza es empleada en la fabricación de agua de colonia, e industrializado ampliamente en Italia, en donde se extrae también el ácido cítrico. La pulpa ya exprimida se utiliza como alimento de ganado y la pectina es un aminoácido extraído de la cáscara, además de aceites cítricos.

De una tonelada de limón persa fresco es posible obtener aproximadamente el equivalente de los siguientes componentes (18):

- a. 370 litros de jugo clarificado.
- b. 3.5 lt de aceite esencial.
- c. 350 kg de cáscara fresca.
- d. 5.5 kg de cáscara deshidratada.
- e. 17 kg de pectina.

3.1.4 Tolerancia a enfermedades y nematodos

En la etapa de vivero se deben de eliminar los patrones susceptibles a enfermedades y nematodos presentes en el injerto ó suelo poniendo sumo cuidado con géneros como ***Tylenchulus semipenetrans*** y ***Radopholus similis*** (Cuadro 2), la tolerancia a tristeza es esencial en lugares donde éste virus es un problema, ya que se transmite por pulgones.

En cambio, la exocortis y xiloporosis no se transmiten por insectos, pero sí mecánicamente, debido a la presencia de éstos viroides en la región se debe utilizar material vegetativo sano, sobre todo si el patrón es susceptible a los mismos en todos los casos.

Aparentemente los nematodos no son problema en México y Centro América, pero sería prudente asegurarse con un estudio por regiones citrícolas, dado el comercio que se genera en las diferentes regiones (12). Ver cuadro 2.

Cuadro 2. Tolerancia de Portainjertos utilizados para Limón Persa a enfermedades y nemátodos.

Portainjertos Limón Persa	Tristeza VTC	Exocortis	Xiloporosis	Gomosis	Tylenchulus Semipenetrans	Radopholus Similis
Volkameriana	2	2	4	3	4	4
Macrofila	4	2	4	1	4	4
Naranja agrio	5	2	2	2	4	4
C. Troyer	2	4	2	3	2,4	2,4
C. Carrizo	2	4	2	2,3	2,4	2,4
Citrumelo S	1	2	2	1	2	4
Lima Rangpur	2	4	4	4	4	4
Limón Rugoso	1	2	2	5	4	4
m. Amblycarp.	2	2	2	1	¿?	¿?
m. cleopatra	1	2	2	3,4	4	4
N. trifoliado	1	5	2	1	1	4

1. Muy satisfactorio.
2. Satisfactorio.
3. Aceptable.
4. Insatisfactorio.
5. Muy Insatisfactorio.

¿?. Falta información.

Dos Números juntos indican: reportes contradictorios.

Fuentes: Jiménez, 1987; Simón, 1988; Campbell, 1991; Borroto y Borroto, 1991; Forner-Valero citado por Rocha-Peña y Padrón-Chávez, 1992; Castle et al., 1993.(19, 29, 4, 2, 25, 7.).

3.1.5 Características Frutícolas

Una vez descartados los patrones que no satisfacen los requerimientos de sitio, entre los patrones restantes se debe seleccionar aquel que cumpla mejor con las características frutícolas deseadas (18), de acuerdo a la información del cuadro 3 se prefieren patrones de fácil y rápido desarrollo en el vivero y huerta, buen enraizamiento, precocidad a la primera cosecha, porte medio o bajo y buena calidad interna y externa del fruto (2). Ver cuadro 3.

Cuadro 3. Características Frutícolas del Limón Persa en combinación con diferentes Portainjertos.

Portainjerto	Características del Arbol.				Características del fruto	
	entrada a producción	Vigor	Tamaño	Producción	Calidad	Tamaño
Limón volkameriana	R	A	G	A	Re, B	G
Limón Macrofila	R	A	G	A	Re, B	M,G
Naranja Agrio	N	M	M	M	B	M
Citrange Troyer	N	M	M	M,A	Re, B	M
Citrange Carrizo	N	M	M	M,A	B	M
Citrumelo Swingle	N	M	M	M,A	B	M
Lima Rangpur	R	A	G	A	B, Ba	M
Limón Rugoso	R	M	M	A	Re,B	G
M. Amblycarpa	L	M	M	A	Re, B	¿?
M. Cleopatra	L,N	M	M	M	B	M,P
Naranja trifoliado	¿?	Ba	M,P	M,A	B	M,P

R= Rápida

N= Normal

L= Lenta

G= Grande

M= Medio

P= Pequeña

B= Buena

Re= Regular

Ba= Bajo

A= Alto

¿?= Falta información

2 letras juntas= reportes contradictorios

Fuentes: Campbell, 1972 y 1991; Campbell y Goldweber, 1979; Jiménez 1987 y Simón 1988; Borroto y Borroto, 1991; Castle et al, 1993. (4,19, 29, 2, 7)

3.1.6 Descripción Botánica

El limón Persa *Citrus latifolia* Tanaka, está considerada dentro del grupo de limas ácidas, es conocido también como Tahití ó Lima Persa. Son frutos de mayor tamaño en comparación con los criollos, su cáscara es verde aún al cosechar, un poco rugosa; la pulpa es muy jugosa y no presenta semillas, la recolección de los frutos es muy fácil debido a que son árboles de mediano tamaño y poco espinosos.

Sus tallos son simpódicos, ramificados, filotaxia alterna, hojas enteras, aserradas; con un color verde intenso en el haz y verde claro en el envés, sistema radicular profundo (zona de absorción de 20-35 cm), con pivotante. Son plantas relativamente pequeñas comparadas con otras especies frutales cítricas.

Sus inflorescencias son panículas con numerosas flores de color blanco o crema, pentámeras; presentándose flores unisexuales (“femeninas” pistiladas con estaminodios y/o “masculinas” estaminadas con ovario atrofiado) y perfectas o hermafroditas. Debido a ésta característica son plantas alógamas que necesitan de polinización entomófila (por insectos) y/o anemófila (por viento) por ésta razón es que existe segregación genética cuando la propagación se hace sexualmente y por lo que conviene propagar asexualmente para producir plantaciones lo más homogéneas posible (24).

3.1.6.1 Clasificación Taxonómica del limón Persa

- Reino..... Plantae.
- Sub-reino.....Embryobionta.
- División.....Magnoliophyta.
- Clase.....Magnoliopsida.
- Sub-clase.....Rosidae.
- Orden.....Sapindales.
- Familia.....Rutaceae.
- Sub-familia.....Aurantioideae.
- Tribu.....Citreae.
- Sub-tribu.....Citrinae.
- Género.....Citrus.
- Especie.....**Citrus latifolia** Tanaka.

Fuente: RABE, E. , 1999 Distancia de plantación y poda de los cítricos. Avances en citricultura . Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. U.C.CH.(24).

3.1.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS FITOPARASÍTICOS

3.1.7.1 MORFOLOGÍA

Los nematodos fitopatógenos son organismos pequeños de 300 a 1000µm, siendo algunos mayores de 4 µm de longitud por 15 a 35 µm, de ancho. Su diámetro pequeño hace que no sean

observables a simple vista pero se pueden ver con facilidad en el microscopio. Las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren forma de pera o de cuerpos esferoides (1).

3.1.7.2 ANATOMIA

El cuerpo de un nematodo es más o menos transparente. Está cubierto por una cutícula incolora que a menudo presenta estrías u otros detalles. Esta cutícula presenta la muda cuando los nematodos pasan a través de sus etapas larvarias sucesivas. Dicha cutícula se produce por la hipodermis, la cual consta de células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que se separan en cuatro bandas de músculos longitudinales. Estos músculos permiten que el nematodo pueda moverse. En la boca y a lo largo del tracto digestivo y de las estructuras reproductoras hay otros músculos especializados.

Los nematodos hembras tienen de uno a dos ovarios seguidos por oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo, un vesícula seminal y termina en un orificio común con el intestino. En el macho hay también un par de espículas copulatorias sobresalientes. La reproducción se efectúa por medio de huevecillos y puede ser sexual, hermafrodita ó partenogénica. En muchas especies faltan los individuos machos (1).

3.1.7.3 CÍCLOS DE VIDA

El ciclo de vida comprendido desde la etapa de huevecillo a otra igual puede concluir al cabo de 3 ó 4 semanas bajo condiciones ambientales óptimas, en especial la temperatura, pero tardará más tiempo en concluir en temperaturas frías. En algunas especies de nematodos la primera o segunda etapa larvaria no puede infectar a las plantas y sus funciones metabólicas se realizan a expensas de la energía almacenada en el huevecillo. Sin embargo, cuando se forman las etapas infectivas, deben alimentarse de un hospedante susceptible o de lo contrario sufren inanición y mueren (1).

3.1.7.4 ECOLOGIA Y DISTRIBUCIÓN

La mayoría de los nematodos fitopatógenos viven parte de su vida en el suelo. La mayor parte de ellos vive libremente en el suelo, alimentándose superficialmente de las raíces y tallos subterráneos de las plantas, pero aún en el caso de los nematodos sedentarios especializados, los huevecillos, las etapas larvarias preparásitas y los machos se encuentran en el suelo durante toda su vida o gran parte de ella. La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan la supervivencia y al movimiento de los nematodos en el suelo. Los nematodos se encuentran con mayor abundancia en la capa del suelo comprendida entre los 0 y 15 cm de profundidad. La mayor concentración de nematodos en la región radical de la planta hospedante se debe principalmente a su más rápida reproducción cuando el alimento es abundante y también a la atracción que tienen por las sustancias liberadas en la rizósfera.

Los nematodos se distribuyen en el suelo muy lentamente bajo su propia capacidad. Sin embargo, además de su movimiento propio, los nematodos se distribuyen con gran facilidad a través de todo lo que se mueve y pueda llevar partículas del suelo.

El equipo agrícola, la irrigación el agua inundada o de drenaje, las patas de los animales y las tolvaneras distribuyen a los nematodos en áreas locales, mientras que a grandes distancias los nematodos se distribuyen principalmente por los productos agrícolas y las plantas de los viveros (1).

3.1.7.5 CUÁNDO SE CONSIDERAN LOS NEMATODOS COMO PARÁSITOS

Según Canto Sáenz(5), citado por Castellanos Cortéz (6), no todos los nematodos presentes en una muestra de suelo de un cultivo pueden considerarse como parásitos, porque pueden alimentarse o no de éste. Lo mínimo que pueden hacer es cohabitar en el mismo lugar. Además para considerárseles así debe notarse la enfermedad en la planta, es decir, disminución en el rendimiento o calidad del producto.

Un nematodo para ser considerado parásito de un cultivo debe reunir ciertas condiciones:

A. Que esté morfológicamente adaptado al parasitismo de plantas (presencia de estomatoestilete, odontoestilete u onchioestilete y el tipo de esófago por su cavidad enzimática).

- B. Que el nematodo se alimente de las plantas con una acción continua de su estilete ya que puede alimentarse ocasionalmente y no ser parásito de plantas.
- C. Que el nematodo se reproduzca en la planta o en su rizósfera, esta es la condición más importante.
(5).

3.1.8 FASES DEL PARASITISMO DE LOS NEMATODOS EN LAS PLANTAS

3.1.8.1 FASE DE EXPLORACIÓN

Los nematodos se movilizan en el suelo y movilizan con movimiento propio para encontrar un tejido vegetal. Al principio el movimiento es al azar pero aproximadamente a 2 cm del tejido vegetal los nematodos son atraídos hacia el tejido y su movimiento es orientado mediante los anfidios, los cuales se encuentran en la región labial.

Los exudados radicales pueden ser específicos para un género, una especie e incluso una raza de nematodo.

Una vez en contacto con el tejido vegetal explora friccionando sus labios con el tejido, si está muy duro se aleja. Si encuentra un lugar fácil. Introduce su estilete y prueba el tejido y si no le parece apropiado se traslada a otro lugar. Algunos nematodos son atraídos a lugares donde otros nematodos perforaron o penetraron, posiblemente porque hay una alta concentración de sustancias exudadas por las plantas (5).

3.1.8.2 FASE DE PENETRACIÓN

Una vez elegido el lugar de alimentación realiza perforaciones rápidas y continuas del tejido (los ectoparásitos dirigen su estilete a un mismo punto, los endoparásitos forman una línea o ranura). Para no ser empujados por las células y para evitar que estas revienten, el nematodo se apoya en las partículas del suelo y en el punto donde penetró su estilete va secretando un polisacárido que sirve de tapón para evitar que la célula reviente. Cuando termina de alimentarse el tapón queda para sellar el lugar. Los endoparásitos no producen éste tapón porque es una línea pero sí lo hacen dentro de la célula de la cual se alimentan (5).

3.1.8.3 FASE DE INYECCIÓN

El nematodo inyecta a través de su estilete enzimas o sustancias digestivas secretadas por las glándulas esofágicas. Estas secreciones a veces son estimuladas por el hospedante o por ciertas partes del hospedante. Las secreciones pueden variar con el estadio del nematodo.

En la fase de inyección, los ectoparásitos detienen la ciclólisis o movimiento de los organelos dentro de las células y hay una degradación de los componentes del protoplasma antes que se les digiera parcialmente.

Los endoparásitos no detienen la ciclólisis sino que estimulan una mayor actividad de la célula, es decir estimula una mayor producción de componentes celulares, esto lo logra a través de sustancias que inyectan a las células e incita a la planta a la producción de auxinas para la formación de primordios o células nodrizas de las cuales se alimentan, para no alterarla mayormente secreta un tubo de alimentación, el cual funciona de la misma forma que un haustorio de un hongo mediante la cual succionan los componentes del protoplasma (5).

3.1.8.4 FASE DE DIGESTIÓN O SUCCIÓN

Después de inyectadas las enzimas el contenido celular se clarea. Cuando esto sucede el nematodo mueve el estilete y sobre todo absorbe las sustancias predigeridas ayudado por un bombeo que produce la válvula del bulbo medio del esófago y otras partes del esófago cuando el bulbo medio no esté presente, las contracciones y dilataciones del lumen del esófago son las que producen una bomba de succión para que el nematodo pueda ingerir el contenido citoplasmático.

Los ectoparásitos, succionan todo el protoplasma desintegrado de la célula, incluso el núcleo, rompiendo la carioteca, por consiguiente la célula es modificada conservando su membrana y pared celular quedando sellada con el tapón. Estos ectoparásitos se alimentan de células epidermales y pelos radicales (5).

3.1.9 POBLACIONES DE NEMATODOS

En suelos agrícolas, el límite superior de la población para cualquier especie de nematodo parásito de plantas depende de su potencia reproductora, de la especie de la planta huésped y de la duración del período que el nematodo permanece en ambiente favorable para la reproducción. En general, la potencia de reproducción de los endoparásitos especializados y de parásitos superficiales, es mayor que el de muchos ectoparásitos. Algunos nematodos tienen varias generaciones durante el período de cultivo.

La importancia de los nematodos como parásitos de una plantación depende, en gran parte, de si el límite de la población excede, o no el nivel al cual los perjuicios económicos se presentan en dicha plantación (9).

3.1.10 DISTRIBUCIÓN DE POBLACIONES

La mayoría de las dificultades de la investigación de las poblaciones de nematodos están relacionadas con su gran complejidad y dinámica natural. Las amplias variaciones en el tiempo y el espacio se dan como una respuesta a las influencias del ambiente los individuos que conforman la población en el suelo varían tanto en su distribución horizontal como vertical (32).

3.1.11 DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL

Según indica Zukerman (32), las primeras observaciones de la distribución horizontal de los nematodos fitoparasíticos fueron realizadas por Cobb (8), quien desarrolló muchos de los métodos de muestreo y análisis que hasta la fecha se encuentran en uso.

La distribución horizontal de los nematodos indica la presencia de estos organismos dentro de un área específica; por ejemplo se puede dividir el área de estudio en cuadrículas de un tamaño determinado y cada cuadro se convierte en una unidad de muestreo de la cual se va a extraer una muestra.

Las variaciones horizontales de la población pueden ser influenciadas por muchos factores que interactúan entre sí como topografía, tipo de suelo, uso de la tierra, prácticas culturales y la conducta inherente a cada especie de nematodo presente (1,32).

3.1.12 DISTRIBUCIÓN VERTICAL

De acuerdo con Zukerman (32), los patrones de distribución vertical están dados por la orientación y el movimiento de los nematodos en un determinado horizonte del suelo, en el cual existen condiciones óptimas para la reproducción. Esta zona puede fluctuar con el hábitat, la época del año, así como con la temperatura y los cambios en el gradiente de humedad. Los patrones de distribución vertical están íntimamente relacionados a la distribución de las raíces de la planta en el suelo.

3.1.13 PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Entendemos por disposición de una población la forma como sus individuos están ubicados en el espacio, y para hacer referencia a ello, se habla del “Patrón de Dispersión” o “Patrón de Disposición Espacial”. El conocimiento del patrón de disposición espacial de una especie es un elemento básico que permite explicar muchos de los comportamientos de los individuos y suministra ayuda importante en el diseño de estudios posteriores.

Las consideraciones prácticas y teóricas más importantes del muestreo de nematodos se relacionan con los patrones de distribución espacial. (31).

Los patrones de disposición espacial son tres:

A. PATRÓN AL AZAR

Ocurre cuando cada punto del espacio tiene igual probabilidad de estar habitado por un individuo.

B. PATRÓN AGREGADO O CONTAGIOSO

Existe cuando la presencia de un individuo en un sitio aumenta la probabilidad de encontrar otros en su vecindad.

C. PATRÓN UNIFORME O REGULAR

Se presenta cuando la presencia de un individuo disminuye la probabilidad de encontrar otros allí.

La distribución espacial típica de los nematodos fitoparásitos sigue un patrón agregado o contagioso. Los factores que contribuyen al proceso de agregación de los nematodos incluyen el tipo de

deposición de huevos, patogenicidad relativa, distribución de las raíces, respuestas al microclima y las interacciones con enemigos naturales (32).

3.1.14 SUPERVIVENCIA DE LOS NEMATODOS

Los nematodos parásitos de las plantas pueden sobrevivir a pesar de que existan condiciones desfavorables, como frío y períodos de sequía, entre las plantas huéspedes. Los nematodos sobreviven en estado latente, a los ambientes desfavorables, éste es un estado de quietud o inactividad que con frecuencia se asocia a una baja en el metabolismo (9).

3.1.15 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO Y NORMAL REPRODUCCIÓN DE LOS NEMATODOS FITOPATÓGENOS

3.1.15.1 TEMPERATURA DEL SUELO

La temperatura afecta las actividades de los nematodos, tales como la oviposición, reproducción, movimiento, desarrollo y supervivencia. Casi todos los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas, entre 5 a 15°C, y de nuevo se vuelven inactivos a una gama de alta temperatura como de 38 a 45°C, siendo la gama óptima entre 15 y 30°C. Las temperaturas fuera de éstos límites pueden ser letales (9).

El suelo actúa como una incubadora. Dentro de los límites ideales de temperatura la reproducción, movimiento y desarrollo se efectúan en las condiciones óptimas, fuera de estos límites reducen o se detienen, pudiendo llegar a producir la muerte del animal, además la temperatura influye sobre las plantas hospedantes (20).

3.1.15.2 HUMEDAD DEL SUELO

Cuando el contenido de agua en el suelo se limite a una película envolviendo las partículas de suelo, es cuando se producen las mejores condiciones de humedad para la vida de los nematodos. La sequía excesiva puede frenar o incluso matar el nematodo. Igual ocurre con el encharcamiento prolongado, que por falta de oxígeno en el suelo afecta igualmente al animal (20).

En zonas tropicales lluviosas y en los terrenos anegados el número de algunas especies de nematodos agalladores radicales, quiste, del raquitismo, se reduce por el exceso de agua, falta de oxígeno y toxinas producidas por organismos anaerobios (10).

Mas o menos el contenido de humedad óptimo esta entre 40 y 80 % de la capacidad de retención del suelo (20).

3.1.15.3 TIPO DE SUELO

Es obvio que la actividad de los nematodos tiene que estar relacionada con las características del suelo, como son la granulometría, capacidad de campo, aireación, textura y características químicas. Sin embargo, la gran variación entre todos estos factores hace imposible generalizar, dado a que un tipo de suelo puede ser ideal para los nematodos. Se ha encontrado que los nematodos del quiste, de los nudos y de las lesiones radicales viven bien en suelos arcillosos (20).

La velocidad del movimiento de los nematodos dentro del suelo está relacionada con el diámetro de los poros, el tamaño de las partículas, el diámetro del nematodo, su relativa actividad y el grosor de las partículas de agua sobre y entre las partículas de tierra (9).

Los nematodos del tallo, el nematodo del quiste y algunas especies de nematodos de las lesiones radicales, viven bien en suelos arenosos. Probablemente los nematodos obtienen algunos nutrientes de la solución del suelo y la incubación de los huevos y desarrollo de las larvas parecen estar influenciadas por las soluciones. Toleran fácilmente las altas presiones osmóticas que suelen tener los suelos cultivados y el pH no los afectan directamente (20).

3.1.15.4 RIZÓSFERA

Además de servir como fuente de alimentación para los nematodos las raíces de las plantas también pueden modificar el medio ambiente del suelo, disminuyendo la concentración de nutrientes minerales agotando la humedad, aumentando el bióxido de carbono, reduciendo el oxígeno y contribuyendo con las variadas sustancias orgánicas, exudación y desechos de las células.

La rizósfera, la zona circundante a las raíces, es un medio ambiente dinámico, donde con frecuencia las relaciones entre los nematodos-huésped y medio ambiente son de naturaleza química. La

exudación de una raíz estimula la incubación de huevos de los nematodos que forman quiste. En general, la incubación de huevos es estimulada por sustancias químicas de una amplia gama de plantas, algunas de las cuales no actúan como huéspedes (9).

3.1.16 SINTOMAS CAUSADOS POR LOS NEMATODOS

Los nematodos que infectan a las plantas producen síntomas tanto en las raíces como en los órganos aéreos de las plantas. Los síntomas de la raíz aparecen en forma de nudos, agallas o lesiones en ella, ramificación excesiva de la raíz, puntas dañadas de ésta última y pudriciones de la raíz cuando las infecciones por nematodos van acompañadas por bacterias y hongos saprófitos o fitopatógenos.

Con frecuencia van acompañados por síntomas no característicos en los órganos aéreos de las plantas y que aparecen principalmente en forma de un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en nutrientes como el amarillamiento del follaje, el marchitamiento excesivo en tiempo cálido o seco, una menor producción de las plantas y una baja calidad de sus productos (1).

3.1.17 NEMATODOS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LIMÓN PERSA

Dos son los nematodos más importantes para los cítricos. *Tylenchulus semipenetrans* Cobb (8), y *Radopholus similis* Cobb (8), causantes del blight o declinamiento extensivo y declinamiento lento; reportados ambos en el estado de la Florida, USA (13).

El uso de patrones resistentes y la erradicación de árboles enfermos son las medidas que se han adoptado en Florida. El tratamiento de las plantas de vivero con agua caliente y la aplicación de cal también han sido recomendados, y por supuesto es muy recomendado no sembrar cítricos después de cítricos, y en tal caso desinfección de suelo antes de establecer la huerta (13).

Otros nematodos perjudiciales son: *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Hemicriconemoides*, *Hoplolaimus* (3).

3.1.18 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GÉNEROS DE NEMATODOS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LIMÓN PERSA

A. Familia *Tylenchoidea*: Hembras hinchadas forma esférica, machos escasos sin estilete, género más común *Tylenchulus* 5 especies, hembras con cola corta semiendoparásitas, sedentarias,

embebidas parcialmente en el material vegetal de $\frac{3}{4}$ partes fuera. Estilete bien desarrollado huevos en matriz gelatinosa secretada por un poro cerca de la vulva (1).

a. ***Tylenchulus semipenetrans*** causante del declinamiento lento de cítricos, los síntomas incluyen una reducción general de desarrollo y vigor en el árbol, amarillamiento y desecación de hojas y poco crecimiento de frutos. Los síntomas de declinamiento casi siempre son observados en la parte superior de los árboles.

En presencia de ***Tylenchulus semipenetrans***, significativamente muchas plantas de cítricos, son infectadas por ***Fusarium oxisporum*** y ***Fusarium solani***, y la combinación de actividad de el nematodo y ***Fusarium solani***, es posiblemente un factor en el debilitamiento de cítricos en Arizona, USA (O'Bannon *et al.*, 1967) (22), similares resultados fueron encontrados por Feldmesser *et al.*, 1962(15); y por Van Gundy & Tsao (1963) (31).

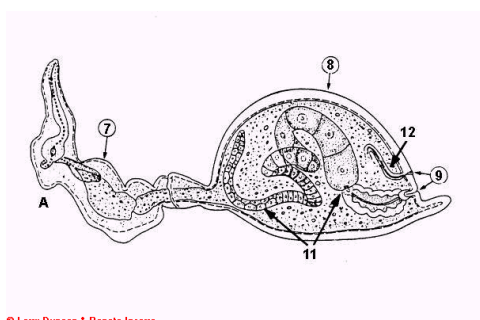


Figura 1. Hembra adulta ***Tylenchulus semipenetrans***. (3).

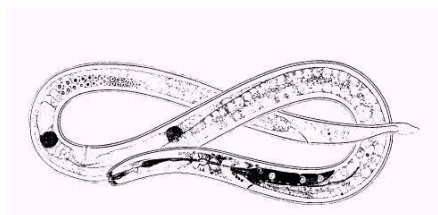
Las hembras maduras ó adultas basado en 10 hembras halladas en raíces de limón en Jhansi , India, presentan el cuerpo de una forma irregular de 68 a 100 μ de diámetro; vulva digitada de 32 a 43 μ de longitud, con un diámetro de 20 a 27 μ .

Las hembras adultas son pequeñas, hinchadas de cola corta; presentan hábito parasítico denominado semiendoparásitos sedentarios, la hembra se encuentra embebida al tejido vegetal, dejando $\frac{3}{4}$ partes del cuerpo fuera, la hembra presenta un estilete bien desarrollado depositando huevos en gelatina, por un poro cerca de la vulva.

Machos escasos, sin estilete (26).

B. Familia **Pratylenchidae**: Esqueleto cefálico prominente y esclerotizado ambos sexos activos cilindricos, cabeza baja y ancha redondeada y achatada excepto en machos (1)

a. **Radopholus similis** (figura 2) la cabeza con esqueleto cefálico fuerte y esclerotizado, bajo en la hembra y alto en el macho; en el macho estilete delgado débil y un esófago más alargado el cual está sobrepuesto dorsalmente, presenta dos ovarios y la vulva se localiza a la mitad del cuerpo. La cola es cónica e irregular en el extremo.



© K.J. Orton Williams & M.R. Siddiqi/CABI BioScience

Figura 2. Hembra adulta **Radopholus similis** (3).

El ala caudal puede o no extenderse hasta el extremo de la cola; son endoparásitos migratorios, los huevos son colocados a lo largo del tejido por donde avanzan afectando el cortex y el estele dando como resultado la destrucción total del tejido (afecta al banano, cítricos y ornamentales).

Es responsable del declinamiento abrasivo en cítricos en regiones de Florida, USA; sabiéndose el daño desde 1928 pero sin ponerle importancia, sino hasta mucho después (Suit & Du Charme, 1953)(30) , muchos tipos de cítricos actuaron como hospederos degenerando su variedad (26).

b. **Pratylenchus**, es un parásito que al principio se alimenta externamente y luego se convierte en un endoparásito migratorio.(26). Es un nematodo cosmopolita que ataca diferentes tipos de cultivo. Los síntomas del ataque de éste nematodo va acompañado de manchas diminutas, alargadas y aguanosas o de color oscuro en las raíces. Conforme las lesiones se extienden, las células afectadas de la corteza se colapsan y el área manchada queda constreñida. Con frecuencia, las bacterias y hongos secundarios acompañan a las infecciones por nematodos y contribuyen a la posterior pudrición y anchado de las áreas afectadas de la raíz las cuales pueden desprenderse. En grandes poblaciones puede destruir plantaciones enteras si no se controla.(1). Se reporta en el Caribe en limón Persa.(3).

C. Familia ***Heteroderidae*** : Presenta un dimorfismo sexual donde las hembras pueden ser en forma de peras, globulares o forma de limón parásitas sedentarias, los machos filiformes activos.

Heterodera, Meloidogyne (1).

a. ***Meloidogyne*** comúnmente llamado nematodo formador de nódulos de la raíz. Es un nematodo cosmopolita, pero con mayor frecuencia y abundancia en regiones con clima cálido e inviernos cortos y moderados. Estos dañan a las plantas al debilitar las puntas de la raíz y al inhibir su desarrollo o estimular una formación radical excesiva, pero principalmente al inducir la formación de hinchamientos en las raíces, las cuales no sólo privan a las plantas de sus nutrientes sino también deforman y disminuyen el valor comercial.

Los machos son vermiformes y miden aproximadamente de 1.20 a 1.50 mm de largo por 0.30 a 0.36 mm de diámetro. Las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.40 a 1.30 mm de largo por un ancho de 0.27 a 0.75 mm. El número mayor de nematodos comúnmente se encuentra en la zona de la raíz comprendida entre los 25 cm por debajo de la superficie del suelo. Es un nematodo endoparásito sedentario. La capacidad de éste nematodo de moverse por sí mismo es limitada, pero puede ser dispersado por el agua o por la tierra que se adhiere al equipo agrícola o de otra manera transportados hacia las áreas no infestadas.(1).

Está reportado para Guatemala, El Salvador, Honduras, Caribe, en el cultivo de Limón Persa. (3).

D. Familia ***Hoplolaimidae*** : Cabeza convexa o redondeada y ancha, ambos sexos activos y elongados esqueleto cefálico fuerte, estilete grueso con prominentes nódulos basales, glándula esofágica con sobreposición, cutícula anillada 1 o 2 ovarios, cola de la hembra menor a 2 veces el diámetro a la altura del ano, ala caudal proyectada hasta la punta de la cola. Géneros: ***Hoplolaimus, Scutellonema, Rotylenchus, Helicotylenchus*** (1).

➤ ***Helicotylenchus*** (figura 3) es un nematodo polífago y cosmopolita, comúnmente llamado nematodo espiral por la forma que adquiere al relajarse (14)., es básicamente un ecto o semi-endoparásito de las raíces con grandes poblaciones en el suelo (26). Se alimentan de tejidos externos de raíces matando las células en los lugares donde se alimentan y causando lesiones locales, sin embargo éstas lesiones envuelven otros patógenos en adición a los nematodos.(14). No hay ninguna

evidencia de migración del nematodo a los tejidos corticales. Los nematodos se introducen fácilmente en terrenos vírgenes con suelo contaminado y semillas (material vegetativo), normalmente traído de las plantaciones infestadas viejas. Se han encontrado nematodos alimentándose con el cuerpo medio a dos tercios dentro en tejidos de raíz. En general no son un problema en plantaciones bien manejadas (26).

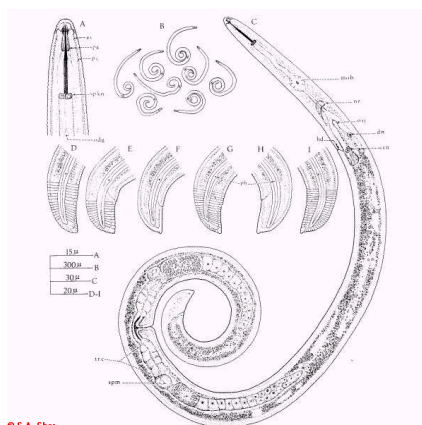


Figura 3. Hembra adulta *Helicotylenchus* (3).

E. Super Familia **Criconematoidea** : Lesionantes endoparásitos migratorios **Macroposthonia** y **Criconemoides** , 67 sp, cónicos gruesos con escaso movimiento, anillados, hembra fusiforme con mas de 200 anillos dentados y sobrepuestos ovario simple y vulva cerca del ano (1).

a. Criconemella, a menudo alcanza poblaciones altas alrededor de las raíces de cultivos perennes. Es un nematodo de hábito ectoparásito, normalmente clavado en parte en tejidos de raíces con el largo estilete que lo introduce bien en la raíz. Algunos especímenes ocasionalmente entran en tejidos de la raíz completamente. Las lesiones inducidas son sitios locales de invasión secundaria por otros patógenos. Es un nematodo que produce serios problemas en los cultivos que ataca debido al tamaño del estilete, destruyendo las células individuales al remover el contenido (14) Se encuentra en diversos tipos de suelo, sin embargo varios investigadores, entre ellos M.R.Siddiqi (26) apunta que éste género prefiere los suelos franco arenosos a franco arcillosos en sitios húmedos (a capacidad de campo). Reportado en limón Persa por Belize, El Caribe, México, El Salvador y Costa Rica (3).

F. Familia **Nacobidae** : Cabeza con esqueleto cefálico fuerte, la hembra inmadura es alargada y en suelo es abundante: 800-15000/300 gr. La hembra en forma de C, cuando es adulta, se le encuentra en el suelo, dentro del tejido, en forma arriñonada, la cola es corta, la glándula esofágica está sobrepuesta al lumen del esófago, los machos con estilete rudimentario y se encuentra de 3 hembras 1 macho (1).

a. Rotylenchulus, Las hembras maduras de éste género son semi-endoparásitos sedentarios de raíces, mientras que el macho no es parasítico (26) Los nemátodos de éste género penetran en parte de las raíces, dejando la porción posterior de sus cuerpos que se destacan a la superficie. Las poblaciones altas son una peste seria en plantas hospederas en tierras tropicales y subtropicales (14). Reportados en limón Persa para México, Belize, El Caribe, Honduras, Nicaragua, Sur América (3)

b. Hoplolaimus, presenta características de cabeza conoide, convexa o redondeada y ancha ambos sexos son activos y elongados, esqueleto cefálico fuerte, estilete grueso con prominentes nódulos basales, glándula esofágica con sobreposición, cutícula anillada con 1 ó 2 ovarios; la cola en la hembra es corta, menor a 2 veces el diámetro a la altura del ano. En el macho el ala caudal se pronuncia hasta la punta de la cola (26)

Reportados en limón Persa por Asia y El Caribe (3).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente estudio, se realizó en el nor-orienté de la República de Guatemala, específicamente en las Aldeas San José, municipio de Teculután ; y Santa Cruz , municipio de Río Hondo, del Departamento de Zacapa (14°56'18'' Latitud. Norte) (89° 37'45'' Longitud. Oeste); región en la cual se ofrece un clima de excelentes condiciones para el establecimiento del cultivo de Limón Persa ***Citrus latifolia*** Tanaka (17).

3.2.2 VÍAS DE ACCESO

El área de estudio se encuentra a 126 kilómetros al Noreste de la Ciudad Capital, por la Ruta al Atlántico (CA 9) (17).

a.2.3 ZONA DE VIDA:

Según De La Cruz (11), basado en la clasificación de Holdridge, el área del municipio de Río Hondo y Teculután se encuentra ubicada dentro de la zona de vida:

a. Monte espinoso Subtropical (me-S).

Dicha región abarca desde el municipio de el Júcaro en el Progreso Guastatoya, llegando a la aldea El Tempisque en el valle del Motagua, La Fragua, Zacapa; hasta llegar a Chiquimula, representando 928 km² lo que representa el 0.85 % de superficie del país (11).

3.2.4 CLIMATOLOGÍA

Según De La Cruz (11), las condiciones climáticas se caracterizan por días claros y soleados durante el verano. Escasa precipitación en invierno, los meses importantes son Agosto a octubre y el promedio de dicha precipitación es de 400 a 600 mm anuales.

La biotemperatura oscila entre los 24°C a los 33°C, la evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 13 % mayor a la cantidad de lluvia total anual.

3.2.5 TOPOGRAFÍA Y VEGETACIÓN

Los terrenos correspondientes a ésta zona de vida son de relieve plano a ligeramente accidentados, la elevación varía entre 180 y 400 msnm.

La vegetación de ésta zona se puede decir que predominan *Cactus sp.*, *Guaiacum sp.*, *Pereskia sp.*, *Oso sp.*, *Jaquima sp.*, *Bucida sp.*, *Acacia farnesiana.*, *Cordia alba.*

Uso apropiado del suelo: fitocultivos con regadío.(28).

Tipo de suelos: Franco arenos- Franco arcillosos , pH= 7 – 7.5

3.2.6 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE GÉNEROS

En realidad poco ha sido estudiado con relación al crecimiento de los nematodos parásitos de plantas por estímulos secretados, en todo caso necesitan alimentos proporcionados por tejidos de plantas, aunque en géneros como *Rotylenchus*, se ponen los huevos, las larvas emergen, crecen y se transforman hasta el estado pre-adulto todo esto en un recipiente con agua, sin que haya tejidos de plantas. Sin embargo el desarrollo completo hasta el estado adulto y la producción de huevos viables requieren alimentos provenientes de tejidos de plantas huéspedes. En relación a la muda en nematodos parásitos, aunque se ha podido comprobar que ciertas secreciones de la raíz la estimulan, como en el caso de los nematodos alfiler *Pratylenchus* sp.(9).

En el suelo, las exudaciones de las raíces aumentan en forma importante de los huevos de los nematodos de nódulos radiculares, en comparación con oviposición en el agua. Dichas exudaciones estimulan el metabolismo de las larvas después de oviposición y también ayudan a lograr el movimiento en dirección hacia las raíces. Las exudaciones también tienen influencia en la muda de las larvas pre-adultas de *Pratylenchus*. Tales ejemplos de estímulos parecieran ser refinamiento de parasitismo (9).

Se ha mostrado que la síntesis de aminoácidos por dos especies de nematodos parásitos de plantas, incubados en glucosa ^{14}C y soluciones de acetato, en ausencia de tejidos de plantas, demostrando que no es imperioso para los nematodos alimentarse de células, con el objeto de tomar sustancias químicas.

Parece que los nematodos pueden digerir una diversidad de compuestos poliméricos de las plantas fuera del cuerpo. Según informes, se sabe que las enzimas que descomponen el almidón, la sacarosa, pectina, celulosa, proteínas y glucósidos, han sido descargadas por nematodos parásitos de plantas. Se presume que éstas enzimas descomponen los compuestos de las plantas fuera del cuerpo del nematodo (9).

Los nematodos que parasitan a los cítricos se alimentan de las células del parénquima cortical de las raíces. En ocasiones las larvas en su segundo estado larval pueden penetrar las raíces de los cítricos formando cavidades en la corteza. En general, una larva del segundo, tercero, o cuarto estado larval puede quedar parcialmente embebida en una raíz, con la cabeza dentro de varias células muy adentro de la corteza en donde se alimenta del parénquima cortical, mientras llegan al estado adulto. Solo se destruyen las células penetradas directamente por el nematodo; las células de las que se alimenta se alteran pero no se destruyen (9).

La necrosis se localiza en el tejido cortical de las raíces; la causan los siguientes nematodos : los espirales, ***Helicotylenchus*** y ***Rotylenchus*** , los de alfiler, ***Pratylenchus***, los anillados, ***Macroposthonia***.

Los nematodos del raquitismo ***Tylenchorhynchus***, y algunas veces ***Pratylenchus*** provocan una respuesta más moderada en las raíces de muchas plantas que las provocadas por los nematodos de aguijón o los raíz de escobilla. Las plantaciones donde se encuentren éstos géneros presentan sistema radicular más pequeño que las plantas cultivadas donde no hay nematodos. Al parecer solo se alimentan de las células sin destruirlas (9).

En el estado de Florida son cuatro los géneros que han causado problemas de declinamiento o depresión en los cítricos, siendo primordialmente ***Tylenchulus semipenetrans*** y ***Radopholus similis***. Agentes causales del declinamiento lento y rápido respectivamente (21).

Por otro lado ***Pratylenchus coffeae*** y ***Pratylenchus brachyorus*** son los agentes causales del “citrus slump” o depresión en cítricos, particularmente los nematodos solos, no causan mayor daño, se sabe que las interacciones simbióticas con otros agentes del suelo acentúan el grado de severidad en el daño causado. En plantaciones infestadas con todos los géneros lesionantes, notoriamente se observa

durante el período seco una marchitez permanente y pérdida del vigor en el desarrollo acompañado también de una decoloración en el follaje y una pérdida paulatina de la producción (21).

En el estado de Florida las plantaciones jóvenes presentan un estancamiento en el desarrollo foliar y radicular de los árboles, por lo que se sugiere una desinfección de suelo antes de trasplantar y hacer fumigaciones periódicas por lo menos en los primeros 2 años y con ello disminuir en alguna medida las poblaciones (21).

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Determinar los géneros y la distribución horizontal de nematodos fitoparasíticos asociados al cultivo de Limón Persa *Citrus latifolia* Tanaka., en los municipios de Río Hondo y Teculután del departamento de Zacapa.

4.2 ESPECÍFICOS

4.2.1 Determinar los géneros de nematodos fitoparasíticos presentes en el área de cultivo de Limón Persa *Citrus latifolia* Tanaka.

4.2.2 Determinar las áreas en las cuales se distribuyen los diferentes géneros de nematodos dentro de las huertas de limón persa *Citrus latifolia* Tanaka.

5. METODOLOGIA

5.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

Los muestreos se realizaron en el total de fincas que poseen el cultivo establecido. Iniciando en el casco de la finca; finca “Los Naranjos” (19.6 has), Santa Cruz; Río Hondo, Zacapa; finca “Los Cerritos”(21 has.), Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.(15° 10'11" Latitud Norte)(89° 45'11" Longitud Oeste). En la figura 4 se muestra la localización.

Finca “Las Margaritas” (49 has) San José, Teculután (14°40'12" Latitud Norte) (89°40'12" Longitud Oeste), Zacapa.; finca “La Cebolla”(15.4 has.),(14°58'13" Latitud Norte) (89°58'13" Longitud Oeste). San José, Teculután, Zacapa. (17). En la figura 5 se muestra la localización.

N

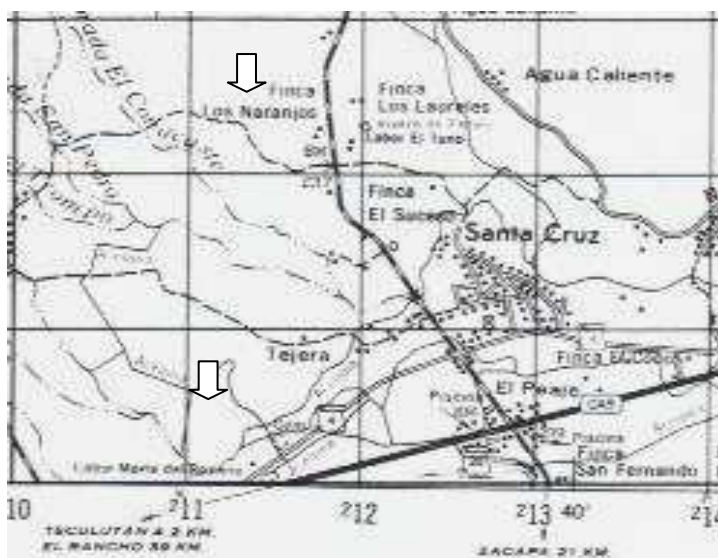


Figura 4. Ubicación geográfica de la Finca “Los Naranjos” y Finca “Los Cerritos” abajo, La flecha indica la ubicación Exacta. (Fuente: Hoja: “Río Hondo”. Mapa cartográfico Esc.1:50,000)

N

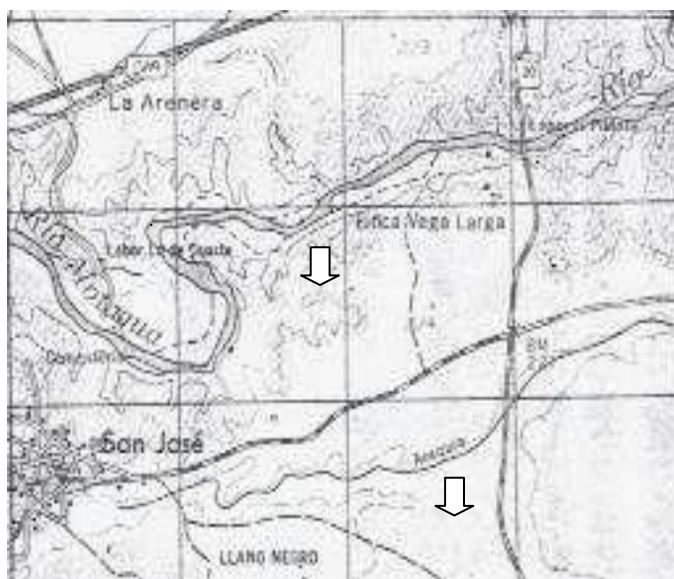


Figura 5. Ubicación geográfica de la Finca “Las Margaritas”, arriba y Finca “La Cebolla”, abajo. La flecha indica la ubicación exacta. (Fuente Hoja “Teculután”. Mapa cartográfico Esc. 1:50,000)

5.2 DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Primeramente se procedió a delimitar en la región bajo estudio las unidades de muestreo. Esto se hizo con la ayuda de planos cartográficos, trazando un mapa de referencia de la zona sembrada con el cultivo. Posteriormente se hizo una cuadrícula sobre el área cultivada con una plantilla de cuadros de 100 X 100 mt (a la misma escala del mapa), con el objetivo de dividir el área de muestreo en hectáreas, para servir como referencia en la toma de muestras y en el análisis de los resultados. Se establecieron el total de hectáreas de cultivo (105 has.), las que fueron muestreadas en su totalidad. Las fincas de Río Hondo “Los Naranjos”, “Los Cerritos” y Finca “Las Margaritas” en San José Teculután cuentan con árboles de 6 años de edad, mientras que finca “La Cebolla” cuenta con árboles de 3 años. Ver figuras 6, 7, 8, 9 respectivamente.

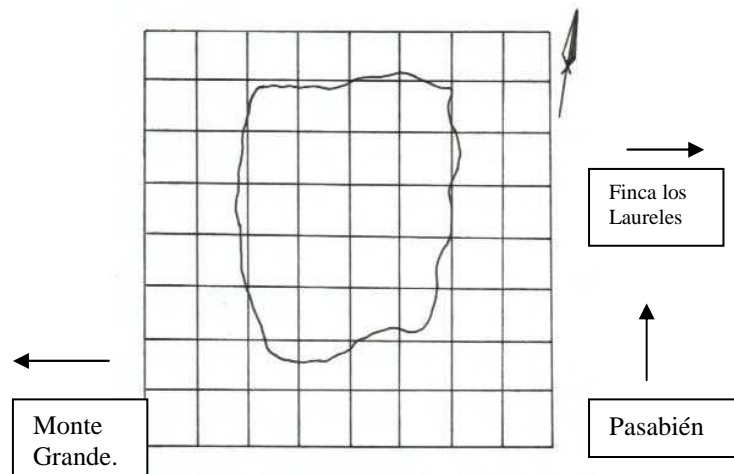


Figura 6. Mapa del área cultivada con limón persa. finca "Los Naranjos", 19.6 Ha.

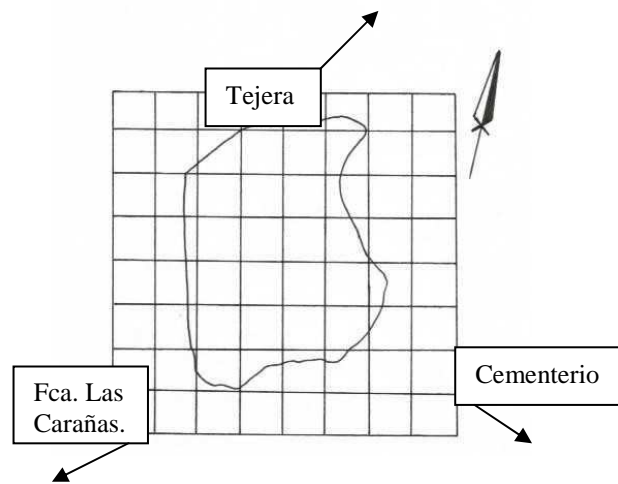


Figura 7. Mapa del área cultivada con limón persa. finca "Los Cerritos", 21 Ha.

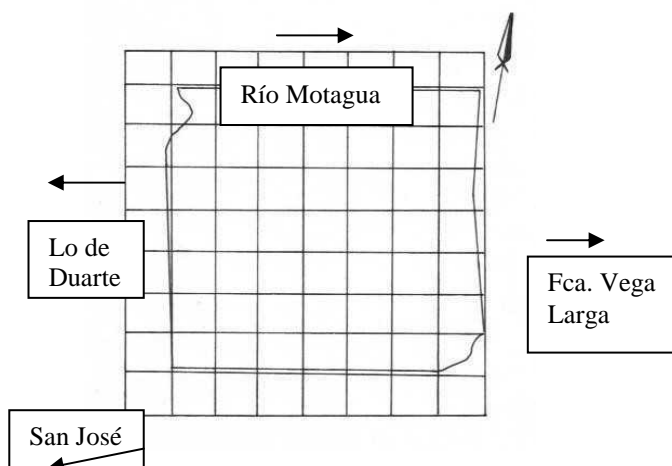


Figura 8. Mapa del área cultivada con limón persa. finca "Las Margaritas", 49 Ha.

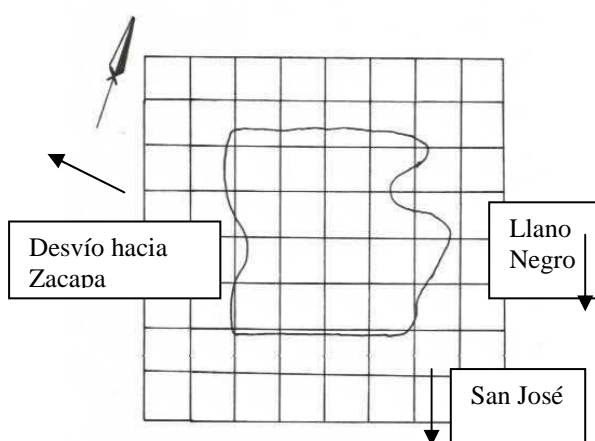


Figura 9. Mapa del área cultivada con limón persa. finca "La Cebolla", 15.4 Ha.

5.3 ÉPOCA DE TOMA DE MUESTRAS

El muestreo se realizó durante la época lluviosa, desde el mes de agosto hasta fines de septiembre del 2002, es decir a partir de que se establecieron plenamente las lluvias en el área, esto debido a que no es recomendable realizar el muestreo cuando existe poca humedad en el suelo.

5.4 TOMA DE MUESTRAS

Los muestreos se realizaron en toda el área de cultivo, haciendo referencia de cada uno de los sitios, realizando un submuestreo, específicamente en los lugares donde se sospeche de presencia de nematodos.

5.5 FASE DE CAMPO

5.5.1 Muestreo de Suelo

Por ser un cultivo perenne y cuya densidad de siembra es 409 árboles/ha, distanciados a 3.5 mt X 7 m, las muestras se tomaron directamente en la zona de cultivo. En términos generales se utilizó un patrón de muestreo en zigzag sistematizado a cada 20 metros a modo de poder abarcar la totalidad del área y poder obtener resultados confiables. Las muestras se tomaron con barreno. La presión de muestreo fué de 20 submuestras/ha. Las submuestras se tomaron a una profundidad de 20 cm, en la zona de goteo de la planta y se tomaron 2 porciones por árbol opuestas al siguiente. Estas submuestras se homogenizaron para constituir una muestra general de 1 kg. aproximadamente para su análisis.

Las muestras se colocaron en bolsas plásticas, identificando por medio de etiquetas dentro y fuera con datos de número de muestra, fecha de colecta, lugar de recolección, altitud de la parcela, tipo de suelo, etc.

Se guardaron por un período no mayor de 8 días en un compartimiento refrigerado a 4°C, para que las poblaciones de nematodos en la muestra no fuera alterado.

5.5.2 Muestreo de Raíces

Las raíces se obtuvieron juntamente con el suelo al momento de extraer la submuestra y posteriormente fueron separadas en el laboratorio, separando las que presenten agallas y lesiones características en su estructura.

5.6 FASE DE LABORATORIO

5.6.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE NEMATODOS

5.6.1.1 EXTRACCIÓN EN EL SUELO

Se realizó por medio del método de tamizado doble centrifugado en azúcar, por ser un método que permite la obtención del total de nematodos presentes en el suelo, estandarizado a nivel mundial por los laboratorios fitopatológicos.

5.6.1.2 EXTRACCIÓN EN RAÍZ

Para la extracción de los nematodos en las raíces se procedió por medio del método de cámara nebulizadora, disección y macerado tamizado.

5.6.2 DETERMINACIÓN

Para la determinación de nematodos fueron estudiados los que presenten estilete, es decir únicamente los fitoparasíticos. La determinación se hizo por medio de observaciones de características morfológicas con la ayuda de claves taxonómicas tales como:

- CANTO SAENZ, M. 1995. Manual del curso de nematología aplicada. Honduras , El Zamorano, Escuela panamericana El Zamorano. 226p.....(5).
- CROP PROTECTION COMPENDIUM. 2001. Compendium. [Compact Disk]. United Kingdom, 1 Disco Compacto.(3).
- THE ORDER Tylenchida. SIDDIQI, 2000, et al., 2da. Ed. Tecker, Kyr'amura.(27)
- ZUKERMAN, B.M.; MAI, W.F.; ROHDE, R.A. 1981. Plant parasitic nematodes. New York, Academic Press., v. 1,345 p.(32).

5.6.3 CONTEO DE LOS NEMATODOS

Del total de lo obtenido en la extracción con una pipeta se extrajo una submuestra de 2 cc de las extracciones ya sea de suelo o raíz, colocándolos sobre una placa de conteo. Posteriormente se contaron los nematodos fitoparasíticos en el microscopio. Con el número promedio de nematodos presentes en la submuestra se relacionó el volumen inicial de suelo o raíces obteniéndose el total de la población de nematodos fitoparasíticos en 300 cc de suelo ó 10 gramos de raíces.

5.6.4 INCIDENCIA DE NEMATODOS

La incidencia de nematodos, se calculó por género de nematodo presente en las diferentes unidades de muestreo tanto en el suelo como en raíz.

Para la presentación se elaboraron cuadros de población, gráficas de incidencia y mapas de distribución donde se tomaron en cuenta el tipo de suelo y altitud para comparar entre los géneros de nematodos encontrados, por 300 g, de suelo de cada muestra y 10 g, de raíz también de cada muestra.

Se consideró la incidencia por edad del cultivo, tomando en cuenta que la mayoría de la plantación posee 6 años de edad y solamente 15.4 ha, cuenta con 3 años; el tipo de suelo, y el pH.

5.6.5 Variables de Respuesta

- A. Incidencia por edad de cultivo.
- B. Géneros de nematodos en el área asociados al limón persa.
- C. Densidad poblacional de cada género en cada una de las áreas de muestreo.
- D. Incidencia de géneros en cada área de muestreo.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .

6.1 DETERMINACIÓN DE LOS DIFERENTES GÉNEROS DE NEMATODOS

Se muestreó un total de 105 hectáreas con igual número de muestras procesadas en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La determinación de los diferentes géneros de nematodos presentes en el área de muestreo que se denominó fase de laboratorio, se realizó en los meses de Agosto a Octubre de 2002, paralelo a la fase de recolección de muestras de suelo y raíces en el campo, cuando las lluvias se habían establecido plenamente en el área para contar con condiciones uniformes para el muestreo.

Los géneros de nematodos determinados en las diferentes unidades de muestreo en las áreas sembradas con limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en los municipios de Teculután y Río Hondo del departamento de Zacapa, fueron: ***Helicotylenchus***, ***Rotylenchulus***, ***Pratylenchus***, ***Macroposthonia*** y ***Tylenchorhynchus***.

6.2 DENSIDADES POBLACIONALES E INCIDENCIA DE LOS GENEROS DE NEMATODOS DETERMINADOS

6.2.1 DENSIDADES POBLACIONALES

A. Para el género ***Helicotylenchus*** la variable densidad poblacional fluctuó de diferente forma en cada una de las fincas; para la finca La Cebolla, San José, Teculután, se obtuvo una densidad poblacional de 129 nematodos en 300 cc de suelo en promedio por unidad de muestreo, aumentando para la finca Las Margaritas, San José, Teculután, a 136 nematodos en 300 cc de suelo en promedio por unidad de muestreo; para la finca Los Cerritos presentó 137 nematodos en 300 cc de suelo en promedio por unidad de muestreo; y presentó 102 nematodos en 300 cc de suelo en promedio para la finca Los Naranjos, Santa Cruz, Río Hondo, por unidad de muestreo (cuadros 4, 5, 6 y 7).

Este género asociado al limón persa puede ocasionar problemas de necrosis en el tejido cortical de las raíces, por lo que es una ruta directa de infección ascendente de muchos otros patógenos; aunque no fueron encontrados en el sistema radicular ninguno de los géneros reportados se sabe que los nematodos pudieran alimentarse por fuera del cuerpo de una diversidad de compuestos poliméricos

de las plantas, se sabe que las enzimas que descomponen el almidón, la sacarosa, pectina, celulosa, proteínas y glucósidos, han sido descargadas por nematodos parásitos de plantas y se presume que éstas enzimas descomponen los compuestos de las plantas fuera del cuerpo del nematodo. (9). Durante el período seco se observa una marchitez que sobrepasa el rango natural de la temporada y es cuando la interacción simbiótica de otros patógenos actúa. Una clorosis generalizada, la pérdida del vigor y una baja considerable en la producción acompañan al daño ocasionado (21).

B. Para el género ***Rotylenchulus***, las densidades poblacionales mostradas tienden a ser bajas, únicamente en la plantación joven en finca La Cebolla, presentó una densidad 114 nematodos en 300cc de suelo en promedio por unidad de muestreo, en las otras plantaciones las densidades fueron menores, en la finca Las Margaritas, en San José, Teculután, reportó 47 nematodos en 300cc de suelo en promedio por unidad de muestreo; y de 43 nematodos en 300cc de suelo en promedio por unidad de muestreo en la finca Los Cerritos; no se presentó en la finca Los Naranjos, Santa Cruz, Río Hondo (cuadros 4, 5, 6 y 7).

En México las plantaciones jóvenes se observaron problemas de estancamiento en el desarrollo foliar, por lo que se sugiere una desinfección de suelo antes de trasplantar y hacer fumigaciones periódicas por lo menos en los primeros 2 años y con ello disminuir en alguna medida las poblaciones (21).

Altas densidades poblacionales de ***Rotylenchulus*** son una plaga seria en plantas hospederas de suelos tropicales y subtropicales (14). Reportado en limón persa por México, Belize, El Caribe, Honduras, Nicaragua, Sur América (3).

C. El género ***Pratylenchus***, presentó poblaciones de 99 nematodos en 300 cc de suelo en promedio por unidad de muestreo en la finca La Cebolla, y para la finca Las Margaritas en San José, Teculután, no se reportó presencia, ocurriendo lo mismo para la finca Los Cerritos en Santa Cruz, Río Hondo; y 72 nematodos en 300cc de suelo en promedio para la finca Los Naranjos en Santa Cruz, Río Hondo (cuadros 4, 5, 6 y 7).

En el estado de la Florida, Estados Unidos, ***Pratylenchus*** es el agente causal del llamado "citrus slump", o depresión en cítricos. Particularmente los nematodos solos no causan mayor daño, se sabe que es por las interacciones simbióticas con otros agentes del suelo. En plantaciones infestadas con

éste tipo de géneros, los daños en el árbol de limón son notoriamente visibles, tanto física como en términos de producción. (21).

Se reporta para el Caribe en limón persa, provocando manchas diminutas alargadas y aguanosas o de color oscuro en las raíces. Conforme las lesiones se extienden las células afectadas colapsan y el área manchada queda constreñida, con frecuencia hongos y bacterias secundarios acompañan las infecciones por nematodos y contribuyen a la posterior pudrición y anchado de las áreas afectadas (3).

D. ***Tylenchorhynchus***, no se detectó en la finca La Cebolla, San José, Teculután, sin embargo presentó la densidad más alta en finca Las Margaritas, con 142 nematodos en 300cc de suelo, en promedio por unidad de muestreo; en las fincas de Santa Cruz, Río Hondo, reportó 123 nematodos en 300cc de suelo en promedio por unidad de muestreo en la finca Los Cerritos, y 132 nematodos en 300cc de suelo en promedio para el caso de la finca Los Naranjos (cuadros 4, 5, 6 y 7).

El nematodo llamado del raquitismo provoca una respuesta moderada en las raíces de muchas plantas, que las provocadas por los nematodos de aguijón o los raíz de escobilla. Las plantaciones en donde se encuentren los nematodos del raquitismo presentan sistema radicular más pequeño que las plantas cultivadas donde no los hay (9).

También es llamado nematodo de falta de crecimiento, por el crecimiento pobre de las plantas afectadas (14). Es de hábito ectoparásito migratorio alimentándose de células epidermales en la región de alargamiento de la célula y entre los pelos radiculares (32).

E. En el caso de ***Macroposthonia***, se mostró con la menor densidad poblacional en la plantación joven con 57 nematodos en 300cc de suelo en promedio, finca La Cebolla, San José, Teculután ; para la finca Las Margaritas, igualmente en Teculután, reportó 132 nematodos en 300cc de suelo en promedio.

Para el caso de Santa Cruz, Río Hondo, en la finca Los Cerritos, reportó 157 nematodos en 300cc de suelo en promedio por unidad de muestreo, y 107 nematodos en 300cc de suelo en promedio para el caso de finca Los Naranjos , por unidad de muestreo (cuadros 4, 5, 6 y 7).

Tipo de nematodo lesionante, considerado de mucha importancia dado los hábitos de parasitismo que posee, ectoparásitos, con fuerte estilete además de largo, promoviendo la destrucción de células individuales al remover el contenido (14), se encuentra en diversos tipos de suelo, prefiriendo los franco arenosos a franco arcillosos, en sitios húmedos (26).

Ha sido reportado en limón persa para Belize, El Caribe, México, El Salvador y Costa Rica, alcanzando poblaciones altas alrededor de las raíces en éste tipo de cultivos; representando un serio problema en suelos tropicales y subtropicales, presentando sintomatología de declinamiento en árboles adultos y pobre crecimiento en árboles jóvenes, con una reducción notoriamente marcada debido a la destrucción de los tejidos de conducción (3).

6.2.2 INCIDENCIA DE GENEROS

Se pudo establecer que el porcentaje de incidencia poblacional de mayor importancia en las áreas productoras de limón persa de Teculután y Río Hondo lo constituye el género *Macroposthonia* con 83.44 %, seguido por *Helicotylenchus* con 82.27 %, luego *Tylenchorhynchus* con 56.17 %, posteriormente se encuentra *Rotylenchulus* con 49.65 % y *Pratylenchus* con 32.54 % (figura 10). Los mapas de distribución aparecen en las figuras 15-30.

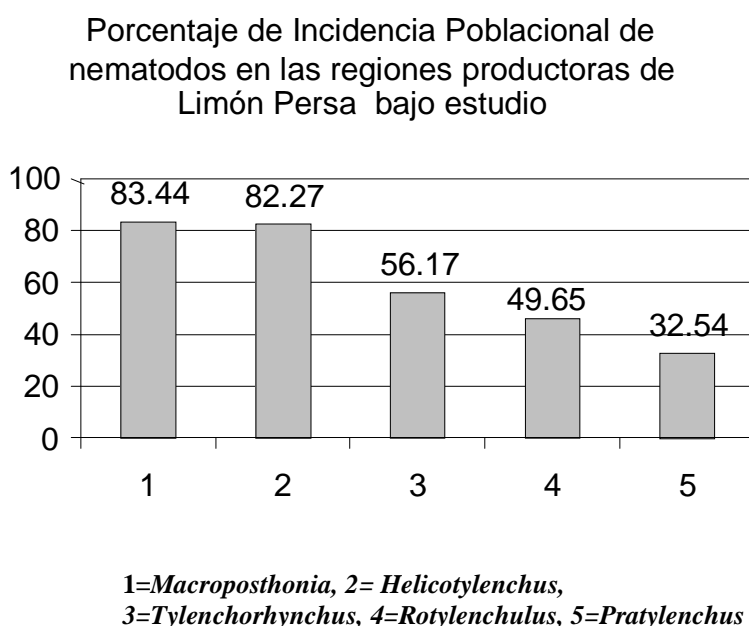
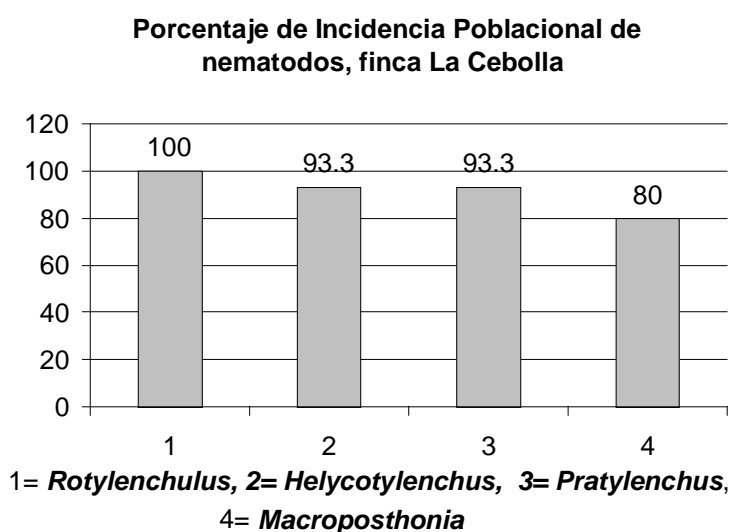


Figura 10. Porcentaje de Incidencia Poblacional de limón persa de Teculután y Río Hondo.

Los porcentajes de incidencia por género de nematodo reflejan variantes en cada una de las fincas.

Se estableció que los porcentajes más altos de incidencia se encuentran en la plantación de 3 años de edad (Finca : La Cebolla) y el rango establecido fluctúa entre el 80% y el 100%. No ocurriendo lo mismo en las demás fincas en las que el rango pudo llegar a fluctuar desde un mínimo de 20% hasta un máximo de 90% de incidencia , La figura 11 muestra en detalle los porcentajes de incidencia en finca La Cebolla, que es considerada como plantación joven. Con suelos franco arenosos y pH alrededor de 7 – 7.5.

En ésta finca se estableció que **Rotylenchulus** se encuentra distribuido en 100% del área cultivada, mientras que **Helicotylenchus** y **Pratylenchus** se establecen en 93.33 % respectivamente, dejando por último a **Macroposthonia** con 80 % de incidencia. mapas de distribución en figuras:15, 17, 20 y 27, no ocurriendo lo mismo en las demás fincas en las que el rango pudo llegar a fluctuar desde un mínimo de 20 % hasta un máximo de 90% de incidencia .



**Figura 11. Porcentaje de Incidencia Poblacional de nematodos
Finca La Cebolla, San José, Teculután, Zacapa.**

La finca Las Margaritas constituida por 49 ha, presentó mayor porcentaje de incidencia a **Helicotylenchus** con 81.63 %, seguido por **Tylenchorhynchus** y **Macroposthonia** con 79.59% respectivamente y **Rotylenchulus** con 65.30 % . figura 12. Y mapas de distribución en las figuras 18, 21, 26, y 28.

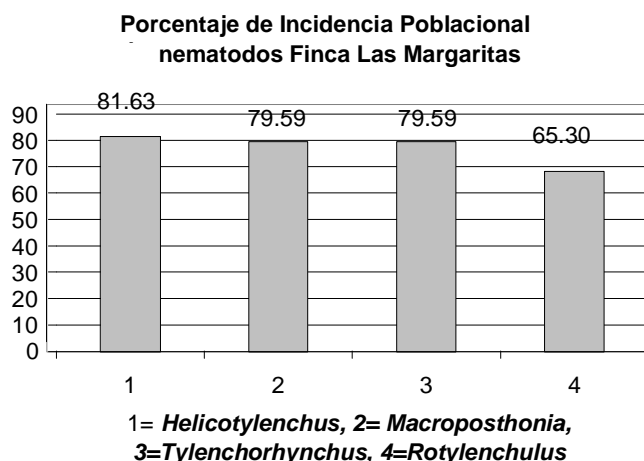


Figura 12. Porcentaje de Incidencia Poblacional de nematodos en la Finca Las Margaritas, San José, Teculután, Zacapa.

En la finca Los Naranjos de 19.6 ha, se estableció que el género *Macroposthonia* fue el mayor incidencia presentó con 78.94 % seguido por *Tylenchorhynchus* con 73.68 %, posteriormente se encuentra *Helicotylenchus* con 68.42 % y *Pratylenchus* con 36.84 % (figura 13). Mapas fig.16, 23 ,25, 29.

Macroposthonia se estableció en suelos franco arenosos y franco arcillosos. Es un ectoparásito, cosmopolita que ataca diferentes tipos de cultivo. Los síntomas del ataque de éste nematodo va acompañado de manchas diminutas, alargadas y aguanosas o de color oscuro en las raíces (1).

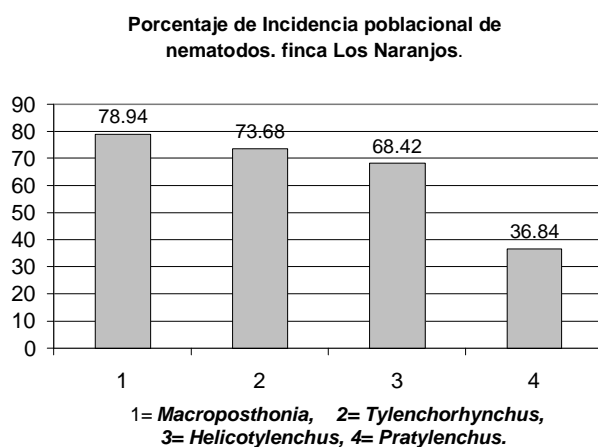
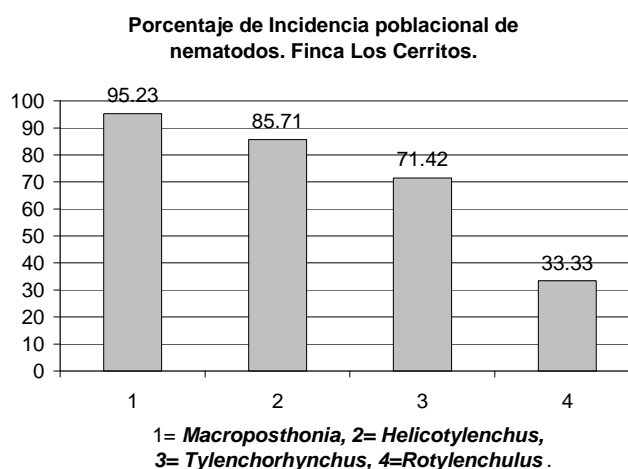


Figura 13. Porcentaje de Incidencia Poblacional de nematodos Finca Los Naranjos, Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.

En la finca Los Cerritos de 21 ha, se determinó un 95.23 % de incidencia poblacional para *Macroposthonia*, seguido por *Helicotylenchus* con 85.71 %, posteriormente *Tylenchorhynchus* con 71.42 % , y *Rotylenchulus* con 33.33 % (figura 14). Y los mapas de distribución en las figuras 19, 22, 24, y 30.



**Figura 14. Porcentaje de Incidencia Poblacional de nematodos
Finca Los Cerritos, Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.**

Los porcentajes de incidencia poblacional presentados por los diferentes géneros en la finca Los Cerritos, ubican a *Macroposthonia* con un 95.23 %, como el género con mayor incidencia poblacional, seguido por *Helicotylenchus* con 85.71 % , luego *Tylenchorhynchus* con 71.32 % y por último *Rotylenchulus* con 33.33 % ; nuevamente *Macroposthonia* ejerce la mayor presencia aunque no la mayor densidad poblacional de los diferentes géneros.

Generos	Finca: Campo La Cebolla.															
	San José, Teculután, Zacapa.															
	Densidad Poblacional en 300 cc de suelo / unidad de muestreo (15.4 Ha.)															
Número de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	X
<i>Helicotylenchus</i>	220	240	240	150	190	0	110	90	90	110	100	100	70	120	100	129
<i>Rotylenchulus</i>	100	180	120	130	120	140	120	100	80	50	90	90	110	150	130	114
<i>Pratylenchus</i>	120	120	90	130	130	120	120	50	90	50	0	70	70	130	140	99
<i>Macroposthonia</i>	170	60	150	100	70	60	70	20	50	50	30	30	0	0	0	57
Altitud (msnm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
Tipo de Suelo	Franco Arenoso, pH= 7 - 7.5															

Géneros	Finca Las Margaritas																								
	San José, Teculután, Zacapa																								
	Densidad Poblacional en 300cc de suelo / unidad de muestreo (49 Ha.)																								
Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Tylenchorhynchus</i>	0	150	150	15	20	15	15	18	20	17	25	15	25	20	200	170	230	180	170	0	240	130	220	250	180
<i>Helicotylenchus</i>	150	150	150	15	20	23	15	0	18	20	15	20	18	0	0	180	180	0	200	190	190	230	220	0	220
<i>Macroposthonia</i>	160	200	200	15	15	20	13	15	15	18	18	20	15	18	150	130	0	200	190	180	200	0	180	220	180
<i>Rotylenchulus</i>	250	0	0	0	0	0	0	15	18	0	0	0	0	17	250	0	0	0	0	150	0	180	0	80	0
Altitud (msnm)	200	200	200	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Tipo de suelo	Franco Arcilloso, pH= 7.5																								
Continuación Cuadro 5.																									
Géneros	Finca: Las Margaritas.																								
	San José, Teculután, Zacapa																								
	Densidad Poblacional en 300cc de suelo/unidad de muestreo (49 Ha).																								
Muestra No.	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	X
<i>Tylenchorhynchus</i>	150	0	230	23	19	13	14	0	15	0	20	0	0	20	170	0	150	140	170	0	120	0	120	150	142
<i>Helicotylenchus</i>	180	190	180	25	18	18	0	17	12	13	0	20	15	14	180	130	130	150	0	130	50	130	0	130	136
<i>Macroposthonia</i>	0	140	180	20	18	0	19	0	17	0	22	0	18	14	150	130	150	120	120	0	0	100	100	0	132
<i>Rotylenchulus</i>	250	0	0	0	0	0	0	70	0	80	0	17	0	0	0	180	0	0	0	140	0	0	0	0	47
Altitud(msnm)	210	210	210	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	
Tipo de suelo	Franco Arcilloso, pH= 7.5																								

GENEROS	Finca: Los Cerritos																					
	Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.																					
	Densidad Poblacional en 300cc de suelo / unidad de muestreo (21 Ha.)																					
Número de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	X
Macroposthonia	150	80	140	130	0	120	150	170	150	100	190	220	170	150	200	150	200	150	200	200	130	157
Helicotylenchus	150	150	130	0	0	150	200	150	170	120	180	170	170	0	150	130	150	200	150	170	200	137
Tylenchorhynchus	200	0	0	150	170	150	150	0	100	150	200	200	200	120	0	180	0	200	0	220	200	123
Rotylenchulus	80	100	120	150	150	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	43
Altitud (msnm)	230	230	230	235	235	240	240	240	240	240	240	240	240	240	245	245	245	245	245	245	245	
Tipo de Suelo	Franco Arcilloso, pH= 7.5																					

GENEROS	Finca: Los Naranjos																			
	Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.																			
	Densidad Poblacional en 300cc de suelo /unidad de muestreo (19.6 Ha.)																			
Número de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	X
<i>Tylenchorhynchus</i>	0	230	120	0	0	0	180	200	120	120	150	150	200	150	250	230	230	170	0	132
<i>Macroposthonia</i>	0	0	60	70	0	90	0	120	130	120	120	120	150	200	170	180	150	190	170	107
<i>Helicotylenchus</i>	130	160	0	90	90	170	170	150	150	130	0	100	200	200	0	200	0	0	0	102
<i>Pratylenchus</i>	320	310	220	150	200	80	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	72.6
Altitud (msnm)	230	230	230	230	240	240	240	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Tipo de suelo	Franco Arcilloso, pH= 7.5																			

6.3 DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LOS GÉNEROS DE NEMATODOS ENCONTRADOS EN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA

Los géneros determinados mostraron una distribución aleatoria dentro de las áreas de muestreo, en general presentaron un patrón de distribución espacial agregado o contagioso, es decir la presencia de un individuo en un sitio aumentó la probabilidad de encontrar otros en su vecindad.

La topografía del lugar, el tipo de suelo, las prácticas culturales y los hábitos de cada género presente influenciaron en cuanto a las variaciones horizontales de cada población de nematodos. En cada finca los géneros de nematodos se distribuyeron de diferente forma, tal como lo muestran las figuras 15-30 en las áreas sombreadas.

6.3.1 ***Pratylenchus*** sp. Se reportó para las fincas La Cebolla en San José, Teculután; y Los Naranjos, en Santa Cruz, Río Hondo; no se detectó en las fincas Las Margaritas en San José, Teculután; y finca Los Cerritos en Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.

Finca La Cebolla, ubicada a 200 msnm, con suelo franco arenoso, y pH 7 – 7.5, cultivo anterior, melón ***Cucumis melo*** L. Finca que cuenta con plantación de tres años, en un terreno plano. ***Pratylenchus***, se distribuyó uniformemente dentro del total de la finca, no se presentó en una unidad de muestreo, presentó una densidad poblacional de 99 nematodos por 300cc de suelo en promedio y 93 % de incidencia, para la finca La Cebolla (Cuadro 4 y figura 15).

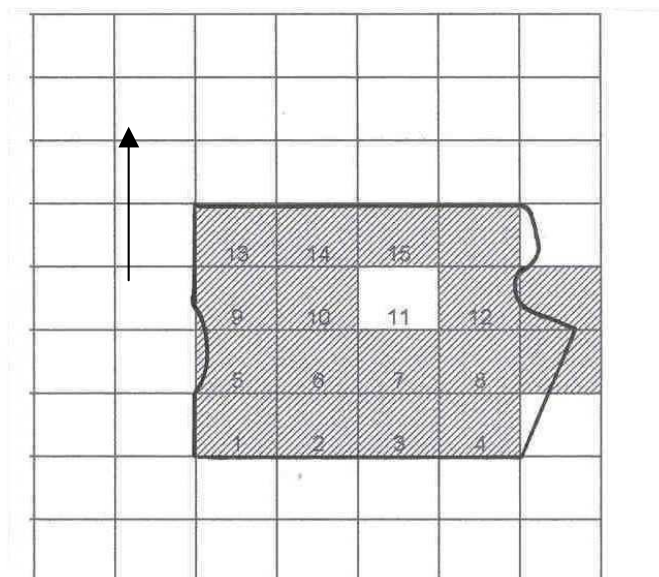


Figura 15. Mapa de distribución del género *Pratylenchus* en la finca La Cebolla San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada).93 % de incidencia.

En la finca Los Naranjos, la distribución de *Pratylenchus* se presentó hacia las partes bajas del terreno, sin embargo el desplazamiento pudiera ser hacia las partes más altas, según indica el mapa de distribución. Las prácticas culturales como el paso de rastras acarrea la contaminación hacia otras zonas de la finca, en donde la presencia es menor. Presentó poblaciones de 72.6 nematodos por 300cc de suelo en promedio y 36.84 % de incidencia (Cuadro 7 y Figura 16).

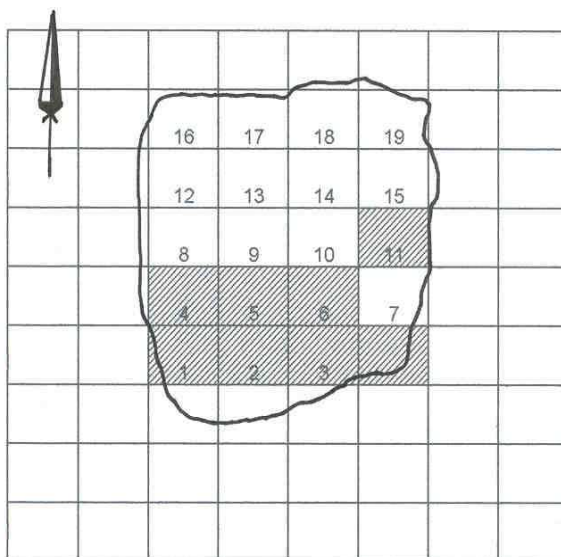


Figura 16. Mapa de distribución del género *Pratylenchus*. finca Los Naranjos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 36.84 % de incidencia.

6.3.2 *Rotylenchulus* sp. se detectó en tres de las fincas bajo estudio, con diferentes patrones de distribución.

La distribución de *Rotylenchulus* fue generalizada para el caso de la finca La Cebolla, alcanzando un 100 % de incidencia, aunque no presentó altas densidades poblacionales, 114 nematodos por 300cc de suelo en promedio, la propagación del género y grandes densidades podrían ocasionar daños serios en los primeros años de la plantación que aún forma el sistema radicular del árbol, en este caso el peligro es latente de aumentar las poblaciones, pues la plantación de la finca La Cebolla, cuenta con tres años de haber sido establecida (figura 17).

La finca La Cebolla cuenta con suelo franco arenoso y con pH de 7- 7.5.

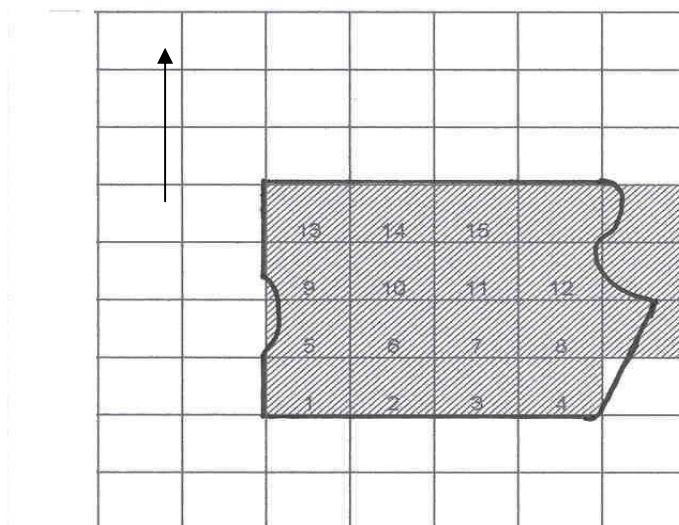


Figura 17. Mapa de distribución del género *Rotylenchulus*, finca La Cebolla San José Teculután, Zacapa. (área sombreada) 100% de incidencia.

La distribución de *Rotylenchulus* en la finca Las Margaritas muestra un patrón focalizado o contagioso con mayor incidencia en las partes altas de la finca con 65.30 %, con densidades de 47 nematodos por 300cc de suelo en promedio, con la tendencia de ocupar las partes bajas en pocos años. En el caso de la finca las Margaritas que presenta un tipo de suelo franco arcilloso y pH 7.5, también fue reportado *Rotylenchulus* por lo que es posible encontrarlo en diferentes tipos de suelo (Cuadro 5, figura 18).

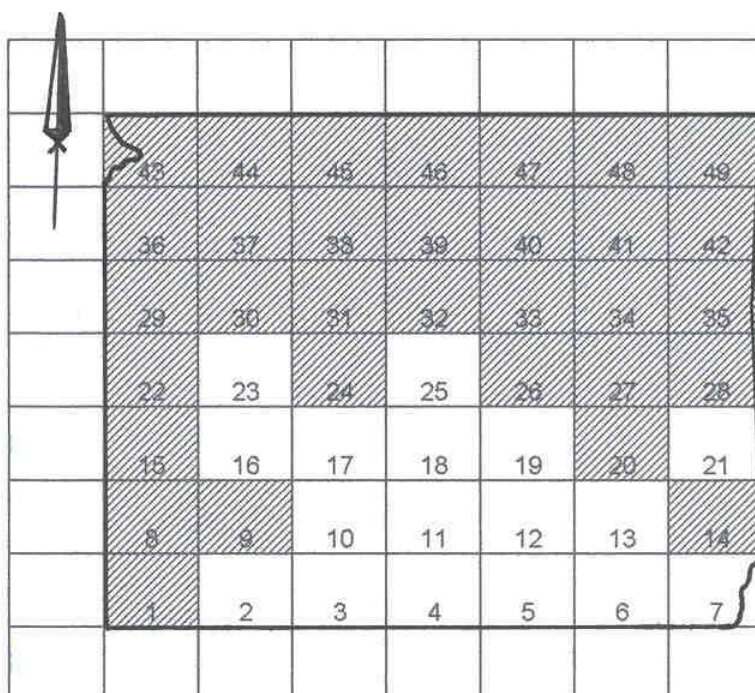


Figura 18. Mapa de distribución del género *Rotylenchulus*. finca Las Margaritas San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada) 65.30% de incidencia.

En la finca Los Cerritos la distribución del género *Rotylenchulus* se limitó a las zonas más bajas de la finca con una tendencia hacia las partes altas, siguiendo un patrón de agregados o focos contagiosos a lo largo de las diferentes distribuciones horizontales. Presentó 33.33 % de incidencia y 43 nematodos por 300cc de suelo en promedio (Cuadro 6 y figura 19).

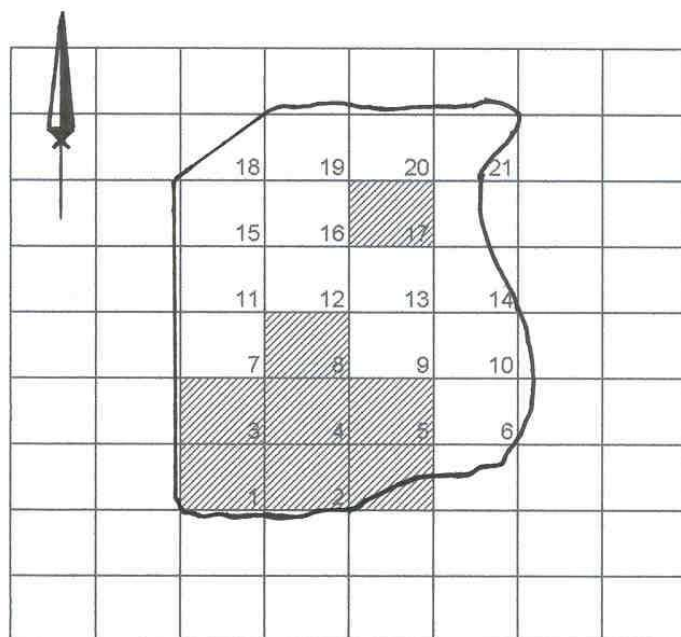


Figura 19. Mapa de distribución del género *Rotylenchulus*. finca Los Cerritos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 33.33 % de incidencia.

6.3.3 *Helicotylenchus* sp. con 82.27 %, se encuentra tan solo a uno por ciento de tener la mayor incidencia poblacional a nivel general, solo lo supera *Macroposthonia* con 83.44 %, presentando una distribución generalizada en la finca La Cebolla, que cuenta con 200 msnm de altitud y suelos franco arenosos, ocupando en poco tiempo la totalidad de la finca con un 93.33% de incidencia y 129 nematodos por 300cc de suelo en promedio, en suelos franco arenosos y planos con pH 7.5 (cuadro 4 y figura 20).

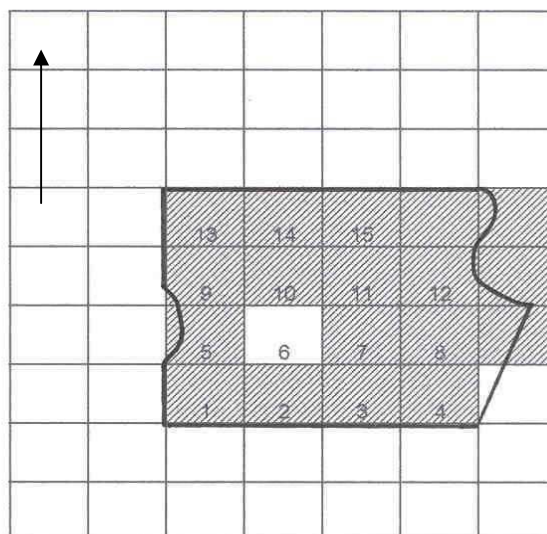
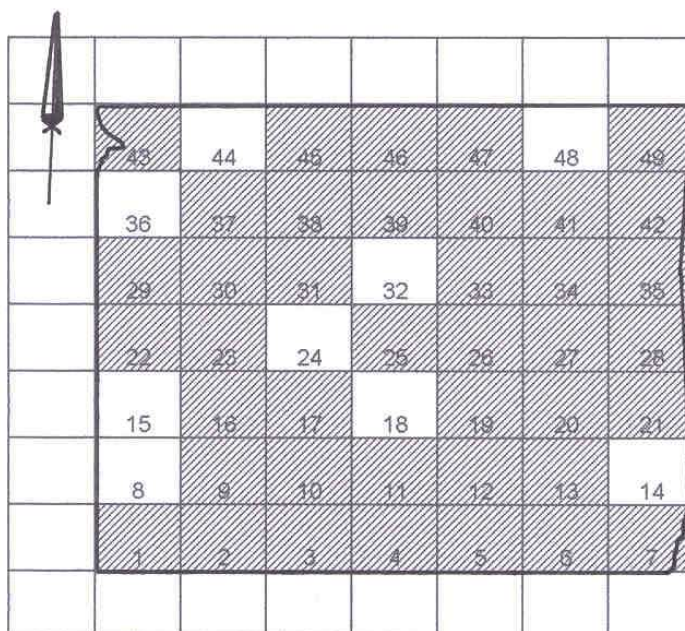


Figura 20. Mapa de distribución del género *Helicotylenchus*. finca La Cebolla. San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada). 93.33% de incidencia.

Helicotylenchus presentó un patrón de distribución generalizado en la finca Las Margaritas, estableciéndose perfectamente bien en terrenos franco arcillosos y franco arenosos y bajo condiciones de pH, alcalinos. En este caso se presentan altitudes de 200 a 210 msnm. Presentando para este caso 81.63 % de incidencia poblacional y 136 nematodos por 300cc de suelo en promedio, para el caso de la finca Las Margaritas las condiciones edáficas son las de suelos franco arcillosos, y con pH 7.5 (cuadro 5 y figura 21).



**Figura 21. Mapa de distribución del género *Helicotylenchus*.
finca Las Margaritas.
San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada). 81.63% de incidencia.**

El género *Helicotylenchus* se encontró distribuido en la finca Los Cerritos con un 85.71 % de incidencia poblacional y presentó 137 nematodos por 300cc de suelo en promedio, bajo condiciones de altitudes poco mayores a las descritas en las anteriores fincas, en éste caso se establecen de 230 a 245 msnm, con un tipo de suelo franco arcilloso, y pH 7.5 (cuadro 6 y figura 22).

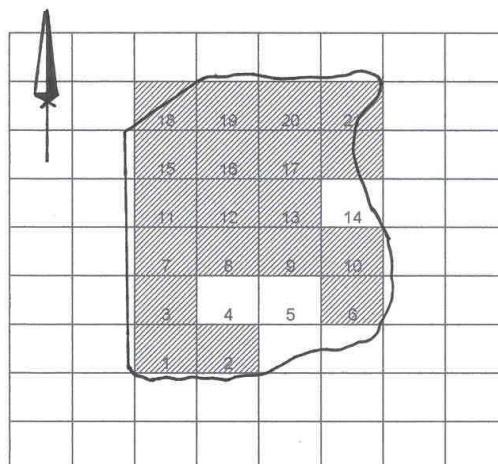


Figura 22. Mapa de distribución del género *Helicotylenchus*. finca Los Cerritos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 85.71 % de incidencia.

La distribución de *Helicotylenchus* en la finca Los Naranjos, es de forma generalizada en agregado o foco contagioso y se establece con 68.42 % de incidencia poblacional y presentó 102 nematodos por 300cc de suelo en promedio , en altitudes que oscilan entre los 230 a 250 msnm; con suelos franco arcillosos y pH 7.5. Las prácticas culturales aceleran la contaminación de los sitios libres del género (Cuadro 7 y figura 23).

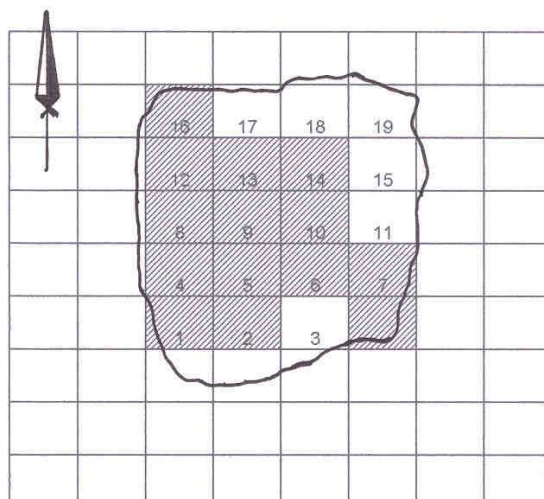


Figura 23. Mapa de distribución del género *Helicotylenchus*. finca Los Naranjos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 68.42% de incidencia.

6.3.4 *Tylenchorhynchus* sp. se estableció en tres de las fincas con incidencias mayores a 70 % de incidencia. es un nematodo de hábito ectoparásito migratorio. Varias especies causan serios problemas y son llamados los nematodos de falta de crecimiento por lo pobre del crecimiento en plantas afectadas.

La distribución de *Tylenchorhynchus* en la finca Los Cerritos es generalizada con 71.42 % de incidencia poblacional, ocupando en poco tiempo la totalidad de la finca , mostró datos de densidad poblacional de 123 nematodos en promedio por 300cc de suelo, aunque no ocupe las densidades poblacionales más altas las condiciones están dadas para la proliferación del género en el total de las fincas bajo estudio (Cuadro 6 y figura 24).

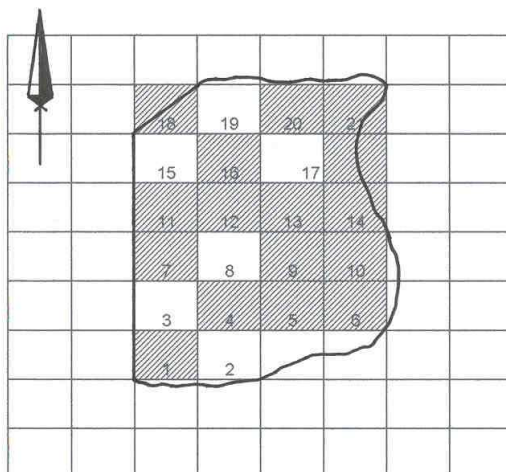


Figura 24. Mapa de distribución del género *Tylenchorhynchus*. finca Los Cerritos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 71.42 % de incidencia.

La distribución de *Tylenchorhynchus* en la finca Los Naranjos es casi generalizada, con 73.68% de incidencia, también presentó los datos más altos en cuanto a densidades poblacionales, 132 nematodos por 300cc de suelo en promedio, siendo el mayor en la finca Los Naranjos (Cuadro7 y figura 25).

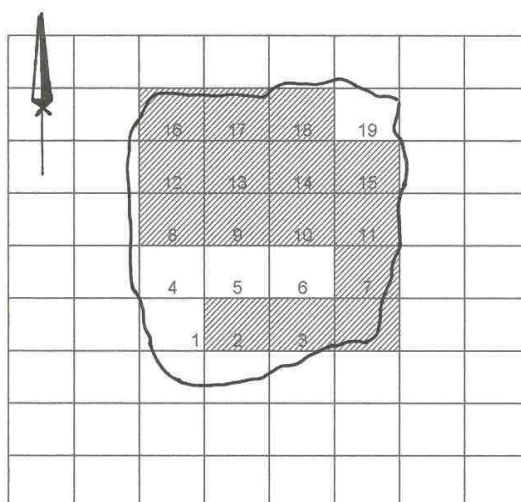


Figura 25. Mapa de distribución del género *Tylenchorhynchus*. finca Los Naranjos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 73.68 % de incidencia.

La distribución en la finca Las Margaritas de *Tylenchorhynchus* fue casi generalizada, se reportó con 79.59 % de incidencia poblacional y reportó los mayores datos en cuanto a densidades poblacionales, 142 nematodos por 300cc de suelo en promedio (Cuadro 5 y figura 26).

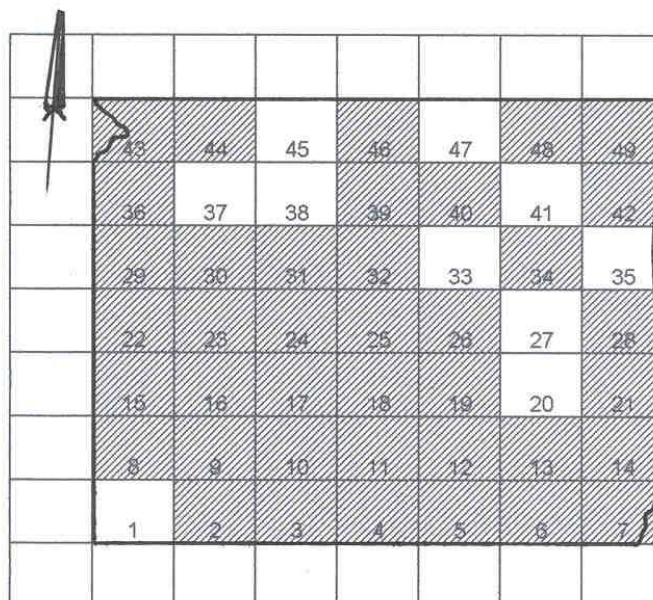


Figura 26. Mapa de distribución del género *Tylenchorhynchus*. finca Las Margaritas. San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada). 79.59 % de incidencia.

6.3.5 *Macroposthonia sp.* se presentó en el total de las fincas bajo estudio con altos porcentajes de incidencia para cada una. Figuras 11,12,13 y 14.

En la finca La Cebolla, *Macroposthonia sp.* Se reportó con 80 % de incidencia poblacional y mostró densidades poblacionales de 57 nematodos por 300cc de suelo en promedio (Cuadro 4 y figura 27).

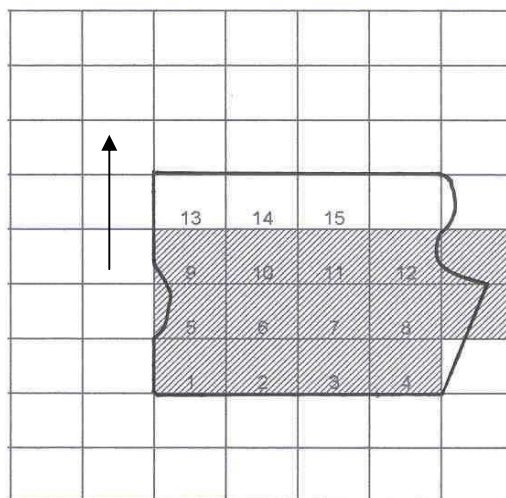


Figura 27. Mapa de distribución del género *Macroposthonia*. Finca La Cebolla. San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada). 80 % de incidencia.

La distribución del género *Macroposthonia* en la finca Las Margaritas mostró un 79.59 % de incidencia poblacional, y se contabilizaron 132 nematodos por 300cc de suelo en promedio (Cuadro 5 y figura 28). En la mayoría de los casos las densidades poblacionales fueron superadas por otros géneros, sin embargo *Macroposthonia* ocupa en porcentajes de incidencia la primera posición en importancia.

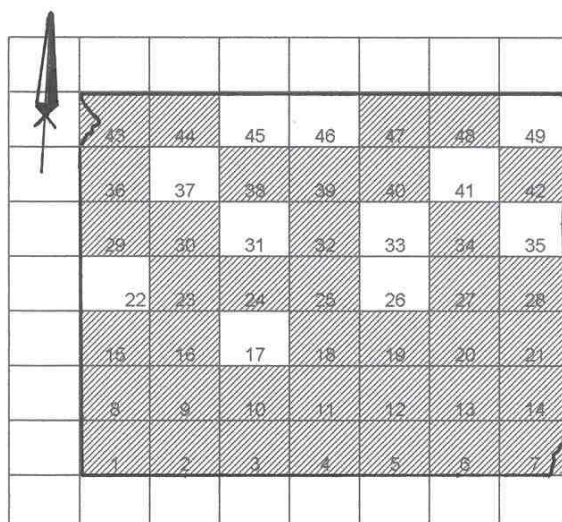
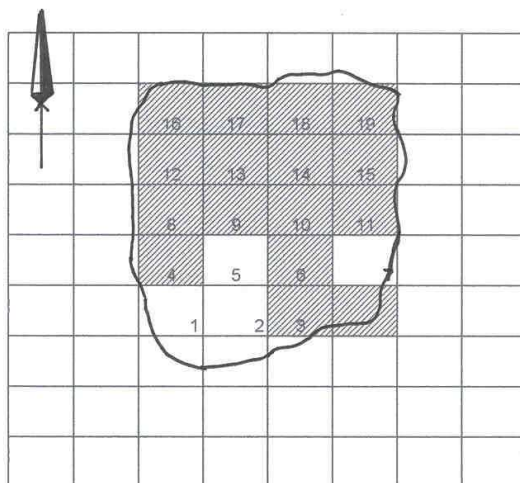


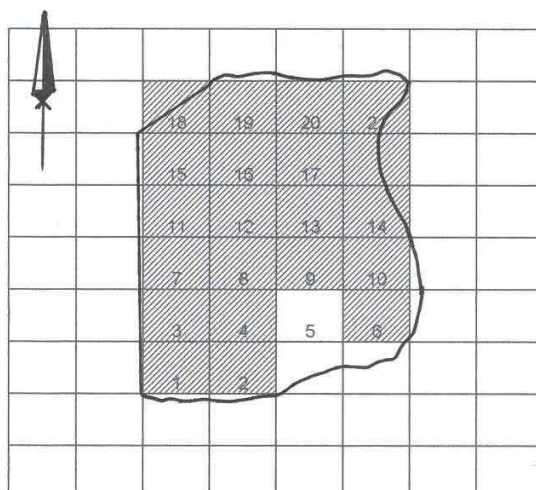
Figura 28. Mapa de distribución del género *Macroposthonia*. Finca Las Margaritas. San José, Teculután, Zacapa. (área sombreada). 79.59% de incidencia.

Macroposthonia presentó una distribución con 78.94 % de incidencia principalmente en las partes altas y medias de la finca Los Naranjos disminuyendo en cierta medida para las partes bajas, sin embargo se visualiza una incidencia total dentro de poco tiempo, aumentando la posibilidad de serios problemas por los hábitos de parasitismo que posee dicho género. Aunque no presentó el mayor dato de densidad poblacional, se establece en segundo lugar con 107 nematodos por 300 cc de suelo en promedio (Cuadro 7 y figura 29).



**Figura 29. Mapa de distribución del género *Macroposthonia*.
Finca Los Naranjos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa.
(área sombreada) . 78.94 % de incidencia.**

La distribución del género *Macroposthonia* fué generalizada con 95.23 % de incidencia, figura 30. Y como lo muestra el cuadro 6, también el género presenta los mayores datos de densidades poblacionales en la finca Los Cerritos con 157 nematodos por 300cc de suelo en promedio, debido a los hábitos ectoparásitos que posee el género podría en pocos años constituirse como una de las mayores plagas de suelo.



**Figura 30. Mapa de distribución del género *Macroposthonia*.
Finca Los Cerritos. Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. (área sombreada). 95.23 % de incidencia.**

6.4 PARÁMETROS CLIMÁTICOS REGISTRADOS EN LA FASE DE CAMPO

Los parámetros climáticos, como temperatura, precipitación pluvial y humedad pueden repercutir de manera directa en el desarrollo de los nematodos ya que pudieran no prevalecer a temperaturas de campo muy altas y de 50 a 60°C mueren. La precipitación y la humedad están directamente relacionadas, pues si hay una precipitación, habrá una alta humedad relativa, necesaria para el desarrollo de los nematodos, ya que en suelos con alta retención de humedad, éstos pueden movilizarse óptimamente y reproducirse enteramente (1, 32).

En el cuadro 8 se presentan los parámetros climáticos registrados para el departamento de Zacapa en los meses de agosto a octubre del 2,002 que fueron los meses de la fase de campo.

**Cuadro 8. Parámetros climáticos registrados en el departamento de Zacapa
En la fase de campo, período comprendido de agosto a octubre de 2002 ,
Según el INSIVUMEH.**

Meses de muestreo	Precipitación en mm.	Temperatura °C		Humedad Relativa %
		Máx.	Min.	
Agosto	100	37	22	60
Septiembre	149.8	36.6	21.0	70
Octubre	120	35	20	65

En cuanto a la altitud y tipos de suelo, en los cuadros, 4, 5, 6 y 7, se muestran los géneros de nematodos encontrados relacionados a la altitud en orden ascendente y el tipo de suelo de las unidades de muestreo.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 Los géneros de nematodos fitoparasíticos asociados al cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tan. en los municipios de Teculután y Río Hondo, Zacapa son: *Helicotylenchus*, *Macroposthonia*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Tylenchorhynchus*.
- 7.2 La densidad poblacional más alta en suelo fue para el género *Helicotylenchus* seguido por *Macroposthonia*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchulus*, y *Pratylenchus* con la densidad poblacional más baja.
- 7.3 El Porcentaje de incidencia por género determinado en suelo más elevado es para el género *Macroposthonia* con 83.44%, seguido por los géneros *Helicotylenchus* con 82.27 %, *Tylenchorhynchus* con 56.17 %, *Rotylenchulus* con 49.65 %, y *Pratylenchus* con 32.54 %, que presentaron menor distribución en el campo respectivamente.
- 7.4 La distribución horizontal de los diferentes géneros de nematodos fitoparasíticos asociados al limón persa, fue regido bajo un patrón espacial en focos agregados o contagiosos, por lo que fue posible encontrar varios géneros en cada finca.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Realizar estudios de fluctuación poblacional de los géneros de nematodos fitoparasíticos asociados al cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tan., con el fin de determinar cual o cuales de estos están ocasionando daño, así mismo dará la pauta de establecer las épocas idóneas para implementar planes de manejo integrado.
- 8.2 Para el género *Macroposthonia* realizar estudios sobre sus índices poblacionales y su relación con el rendimiento del cultivo.
- 8.3 Continuar con los estudios de determinación de géneros y distribuciones horizontales en otras áreas producción de cítricos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- AGRIOS, G.N. 1996. Fitopatología. México, Limusa. 838 p.
- 2.- BORROTO, N.C.; BORROTO DE LA T., A. 1991. Citricultura tropical. La Habana, Cuba, Empes. tomo 1 y 2.
- 3.- CAB INTERNATIONAL. 2001. Crop protection compendium. [Compact Disk]. United Kingdom. 1 Disco Compacto.
- 4.- CAMPBELL, C.W. 1991. Rootstocks for "Tahiti" lime. Proc. Fla. State Hort. Soc. (USA) 104:28-30.
- 5.- CANTO SÁENZ, M. 1995. Manual del curso de nematología aplicada. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 226 p.
- 6.- CASTELLANOS CORTÉZ, J.W. 1999. Determinación de los diferentes géneros de nemátodos fitoparasíticos asociados al cultivo de chile guaque (*Capsicum annum* var. *Annuum*), en el municipio de San Andrés Itzapa del depto. de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 63 p.
- 7.- CASTLE, W.S. *et al* 1993. Rootstocks for Florida citrus. Florida, USA, University of Florida, IFAS. s.p.
- 8.- COBB, N.A. 1913. New nematodes genera found inhabiting fresh water and non-brackish soils. J. Wash. Acad. Sci. (USA) 3:287-288.
- 9.- CONTROL DE nematodos parásitos de plantas. 1980. Trad. José Mesa Falinder. México, Limusa. p. 37-58.
- 10.- CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of flowering plants. New York, USA, Columbia University Press, Botanical Garden. 1262 p.
- 11.- CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- 12.- CURTI DIAZ, S.A. *et al*. 2000. Tecnología para producir limón persa. Veracruz, México, INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Ixtacuaco. 144 p. (Libro Técnico no. 8).
- 13.- CHILDS, J.F.L. 1979. Florida citrus blight. Plant. Dis. Rprt. (USA) 63:560-9.
- 14.- DROPKIN, V.H. 1980. Introduction to plant nematology. USA, John Wiley. 293 p.

- 15.- FELDMESSER, J. *et al* 1962. Bionomics and control of nematodes in large turf area. *Phytopathology (USA)* 52:9.
- 16.- FERGUSON, L. *et al* 1990. California citrus rootstocks. California, USA, Univ. Of California, Div. Agric. And Nat. Resources. s.p. (Publication no. 21477).
- 17.- GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala, Tipografía Nacional. v. 4, 699 p.
- 18.- GUATEMALA. PROGRAMA DE FRUTICULTURA. 2000. Manual del cultivo de cítricos. Guatemala. s.p.
- 19.- JIMENEZ, R. 1987. El patrón como factor influyente en los cultivares cítricos. En: Cítricos y otros frutales. La Habana, Cuba, Estación Nacional de Mejoramiento Citrícola. 48 p.
- 20.- MATHUR, D.K. *et al* 1971. Field screening of muskmelon (*Cucumis melo* L.) against root-knot nematode *Meloidogyne javanica* (Treub), Chitwood. *Indian Phytopathology (India)* 24:201-204.
- 21.- NOLING, J.W. 1993. Nematodos. Florida, USA, University of Florida. (<http://edis.ifas.ufl.edu/CH051>).
- 22.- O' BANNON, J.H.; TAYLOR, A.L. 1967. The conducted nematode survey. *Pl. Dis. Reprt. (USA)* 51:995-998.
- 23.- OIRSA (Gua.) 2000. Manual técnico; inspección y certificación de viveros en limón persa. Guatemala. s.p.
- 24.- RABE, E. 1999. Distancia de plantación y poda de los cítricos. Chile, Universidad Católica, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Avances en Citricultura. (<http://www.geocities.com/Athens/Sparta/4704/podacitricos.htm>).
- 25.- ROCHA PEÑA, M.A.; PADRON CHAVEZ, J.E. 1992. Precauciones y usos de portainjertos de cítricos tolerantes al virus de la tristeza. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos, Campo Experimental General Terán. s.p. (Publicación Especial no. 2).
- 26.- SIDDIQI, M.R. *et al* 1972. Descriptions of plant-parasitic nematodes. England, Commonwealth Agricultural Bureaux. s.p.
- 27.- SIDDIQI, M.R. *et al* 2000. The order *Tylenchida*. 2 ed. England, Commonwealth Agricultural Bureaux. 322p.
- 28.- SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
- 29.- SIMÓN, A. 1988. Lo que deben conocer las empresas citrícolas sobre patrones cítricos. La Habana, Cuba, CIDA. 18 p

- 30.- SUIT, R.F.; DU CHARME, E.P. 1953. The burrowing nematode and other parasitic nematodes in relation to spreading decline of citrus. *Plant Disease Reporter (USA)* 37:379-383.
- 31.- VAN GUNDY, S.D.; TSAO, P.H. 1963. *Phytopathology (USA)* 53:488-489.
- 32.- ZUKERMAN, B.M.; MAI, W.F.; ROHDE, R.A. 1981. *Plant parasitic nematodes*. New York, Academic Press. v. 1, 345 p.

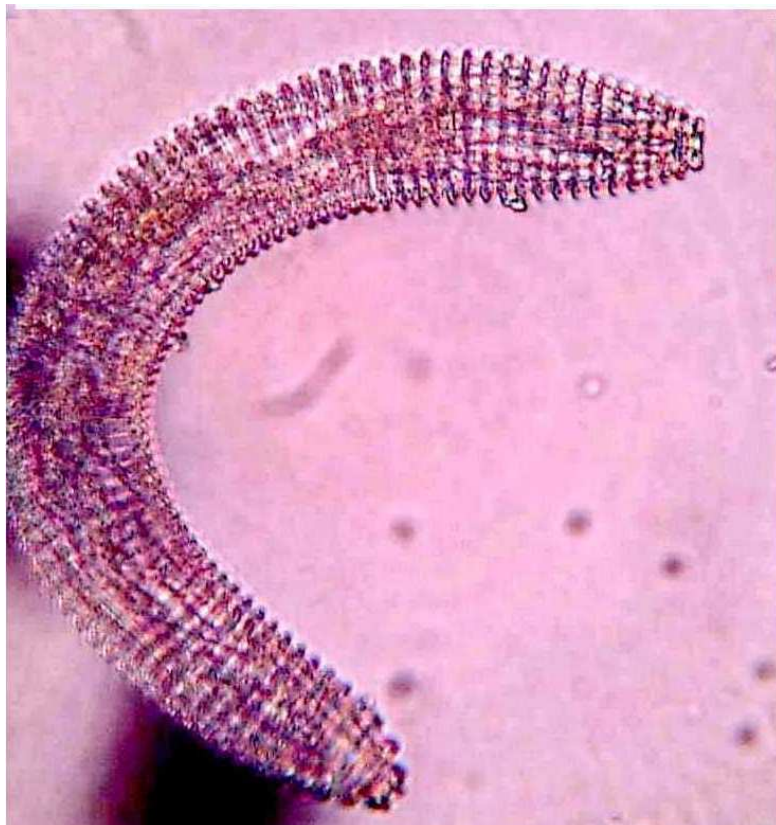


Figura 31 A. Fotografía del género *Macroposthonia*, presente en las extracciones de suelo en el cultivo de limón persa, *Citrus latifolia* Tan. en Teculután y Río Hondo, Zacapa.



Figura 32A. Fotografía del género *Helicotylenchus*, presente en las extracciones de suelo en el cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tan. en Teculután y Río Hondo, Zacapa.

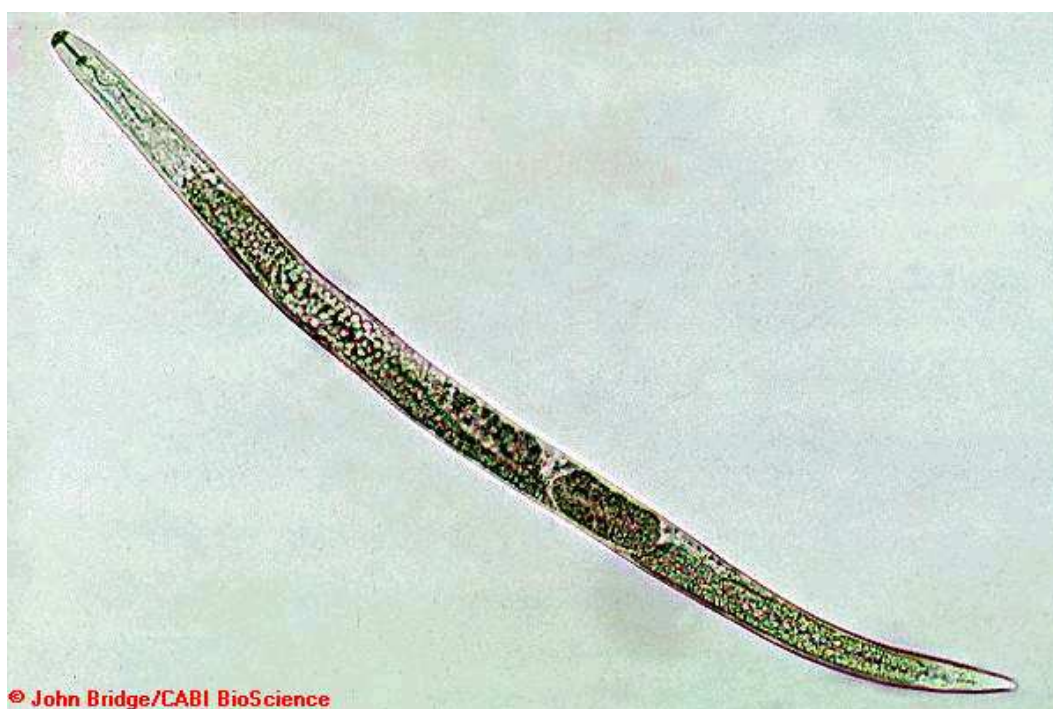


Figura 33 A. Fotografía del género *Tylenchorhynchus*, presente en las extracciones de suelo en el cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tan. en Teculután y Río Hondo, Zacapa.



© Renato Inserra/Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture

Figura 34 A. Fotografía y descriptores gráficos del género *Rotylenchulus*, presente en las extracciones de suelo en el cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tan. En Teculután y Río Hondo, Zacapa. Fuente:CPC. (3).



© John Bridge/CABI BioScience

Figura 35 A. Fotografía y descriptores gráficos del género *Pratylenchus*, presente en las extracciones de suelo en el cultivo de limón persa *Citrus latifolia* Tan. en Teculután y Río Hondo, Zacapa. Fuente: CPC (3).

AL FIN.