



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN FRUTICULTURA TROPICAL

Los nematodos parásitos de la piña. Opciones para su manejo.

Raúl Hernández Hernández

*Departamento de Ecología y Manejo de Plagas
Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical*

Calle 7ma. No. 3005, entre 30 y 32, Miramar, Playa, Ciudad Habana, Cuba
Tel: (53-7) 202 5526 al 29 Fax (53-7) 204 6794
E-mail: iicit@ceniai.inf.cu

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	4
2. LOS NEMATODOS PARÁSITOS DE PLANTAS	5
2.1 Características generales.....	5
2.2. Hábitos de alimentación.....	5
2.3 Clasificación taxonómica.....	6
3. NEMATODOS ASOCIADOS A LA PIÑA	6
3.1. Distribución geográfica	6
3.2. Especies de mayor importancia.....	7
3.2.1. <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> (Nematodo de agallas o de nó dulos de la raíz).....	7
3.2.2. <i>P. brachyurus</i> (Nematodo lesionador o de las lesiones radiculares).....	8
3.2.3. <i>R. reniformis</i> (Nematodo reniforme).....	9
3.2.4. <i>H. dihystera</i> (Nematodo de espiral).....	10
3.3 Síntomas generales y daños que causan en la planta	10
3.4. Interacciones con otros patógenos	10
4. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LOS NEMATODOS	11
4.1. Manejo integrado	11
4.2. Medidas sanitarias y culturales.....	11
4.3. Preparación del terreno	12
4.4. Barbecho	12
4.5. Rotación de cultivos	13
4.6. Biofumigación.....	14
4.6.1. Enmiendas orgánicas	14
4.6.2. Abono verde	14
4.7. Solarización del suelo	15

4.8. Plantas de cobertura	16
4.9. Variedades resistentes	17
4.10. Microorganismos antagonistas	17
4.11. Micorrizas arbusculares.....	18
4.12. Fertilizantes nitrogenados	18
4.13. Nematicidas químicos.....	19
5. REFERENCIAS.....	20

RESUMEN

La piña (*Ananas comosus* L. Merr.) es un cultivo susceptible a los nematodos. La presencia de altas poblaciones en el suelo debe ser evitada, especialmente cuando en el suelo se detectan las especies de mayor importancia económica como: *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis* y *Helicotylenchus dihystera*. El manejo de los nematodos parásitos de la piña debe ser incluido en el manejo integrado del cultivo. Diferentes métodos pueden ser utilizados para controlar los nematodos sin embargo, las medidas preventivas siempre deben estar presentes en todas las etapas de la tecnología del cultivo. En esta reseña bibliográfica se brinda una información general a investigadores y productores sobre los principales nematodos asociados a la piña, los síntomas y daños que ocasionan, así como las vías para combatirlos.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas tropicales frescas y sus derivados es cada vez más apreciado, lo cual ha estimulado las exportaciones nacionales. La piña (*Ananas comosus* L. Merr.) es un frutal de alto valor comercial y sus perspectivas son prometedoras. No obstante, se requiere crear las bases que permitan desarrollar el cultivo con una elevada productividad, y el control adecuado de los problemas fitosanitarios que constituyen factores limitantes de importancia económica. Para ello, se necesita una mayor investigación, dirigida a la búsqueda de soluciones a los problemas que pueden ocasionar las plagas y enfermedades. La presencia de poblaciones iniciales de nematodos antes de plantar cultivos anuales, usualmente tienen relación con los rendimientos de las cosechas (Schomaker y Been 1998).

La piña se considera un cultivo anual susceptible al ataque de los fitonematodos, los cuales constituyen usualmente la principal limitación en la mayoría de las zonas productoras del mundo, especialmente en los países tropicales (Py 1969, Rohrbach y Apt 1986, Malezieux 2000). Estos peligrosos microorganismos han causado grandes pérdidas en plantaciones comerciales de Hawai, Puerto Rico, Australia, Costa de Marfil, Guinea, Martinica, México, África del Sur, Filipinas, Panamá, Brasil, Cuba, y Venezuela entre otros países (Godfrey 1929, Godfrey y Oliveira 1932, Godfrey 1936, Ayala 1969, Py 1969, Lacoevilhe y Guérou 1976, Roman 1978, Rohrbach y Apt 1986, MINAG 1989, Caswell *et al.* 1990, Gratacós 1991, PGAH 1998, Costa *et al.* 1998a, OIRSA-VIFINEX 1999, Jiménez *et al.* 2001). Por este motivo, la obtención de cosechas eficientes y de una industria rentable de la piña depende del efectivo manejo de los nematodos (Gianessi 2002).

El bromuro de metilo (BrMe) es uno de los gases contaminantes del medio ambiente y responsable del deterioro de la capa de Ozono. Actualmente, su uso en la agricultura ha sido restringido o prohibido en muchos países. Desde inicios de la década del 90, en diversas regiones del mundo se comenzaron proyectos de investigación encaminados a la sustitución del BrMe. Un considerable financiamiento ha sido destinado a la validación de las técnicas disponibles para el combate de los nematodos y otros patógenos del suelo. El éxito en este empeño se logrará no sólo con la participación de los investigadores, sino también de los productores que deben replantear sus sistemas de producción agrícola actualmente dependientes del BrMe (Byron 2001).

La presente revisión se propone suministrar una información actualizada sobre los nematodos asociados a la piña y las opciones disponibles para su manejo, las cuales podrían

contribuir a mejorar la calidad del cultivo, evitar la diseminación de nematodos en áreas nuevas e incrementar la productividad de las existentes.

2. LOS NEMATODOS PARÁSITOS DE PLANTAS

2.1 Características generales

Los nematodos o gusanos redondeados son organismos generalmente microscópicos, no segmentados, bilateralmente simétricos, incoloros y cilíndricos en su sección transversal. La forma típica del cuerpo es fusiforme. Un grupo de especies presenta un dimorfismo sexual marcado, donde la hembra adulta se modifica y puede observarse en forma de limón, pera, riñón entre otras; y se convierte en un parásito sedentario. Los machos sin embargo, mantienen la forma de anguila y una movilidad común en la mayoría de las especies. Usualmente son más pequeños que las hembras.

Los nematodos parásitos de plantas o fitonematodos tienen una longitud entre 0.5 y 6.5 mm. El cuerpo está cubierto con una cutícula que puede ser lisa o estar marcada. Las marcas pueden ser puntuaciones. También se observan estrías transversales o longitudinales. Debajo de la cutícula se encuentra la hipodermis, una capa epitelial que se forma a partir de la misma cutícula, y una capa muscular que le permite el movimiento ondulatorio a los nematodos.

Estos organismos disponen de sistemas digestivo, reproductivo, nervioso y excretor. El sistema digestivo comienza con la boca. Ciertos grupos de fitonematodos tienen en la cavidad bucal un estilete que le sirve para punzar y perforar las células vegetales de las cuales se alimenta. Esta estructura es hueca y permite realizar el primer paso de alimentación. A continuación le sigue el esófago que está conectado con el intestino y termina en el ano.

En la mayoría de los nematodos, la reproducción es sexual después de la copulación con fertilización del huevo por el esperma del macho. Algunas especies son partenogenéticas, capaces de producir huevos sin fertilización. En estos casos los machos son escasos o están ausentes. También pueden ser observadas hembras con funciones hermafroditas.

2.2. Hábitos de alimentación

Los fitonematodos o nematodos fitoparásitos pueden encontrarse atacando raíces, tallos, troncos, yemas, hojas, flores y semillas, en dependencia de la especie y de la planta hospedera. Sin embargo, la mayor parte de las especies se alimentan de raíces y pasan la mayoría de su vida en el suelo, las raíces u otras partes subterráneas de las plantas.

De acuerdo al modo de alimentación, se clasifican en endoparásitos, si penetran completamente, se alimentan, maduran y depositan sus huevos dentro de las raíces o junto a éstas. En este grupo se incluyen los nematodos de las agallas o de los nódulos de las raíces (*Meloidogyne* spp.), los nematodos de los quistes (*Heterodera* spp. y *Globodera* spp.), los nematodos de la lesión de las raíces (*Pratylenchus* spp.) y el nematodo barrenador (*Radopholus similis*). Si se alimentan penetrando solamente la parte anterior de su cuerpo en la raíz son semi-endoparásitos, aunque algunos autores pueden reportarlos como ectoparásitos (*Rotylenchulus reniformis*, *Helicotylenchus* spp.).

Se consideran nematodos ectoparásitos si introducen únicamente su estilete en los tejidos de la raíz. Generalmente sus estiletos son muy largos y su cuerpo de gran tamaño. A este

grupo pertenecen *Xiphinema* spp., *Longidorus* spp., *Paralongidorus* spp., *Trichodorus* spp. y *Paratrachodorus* spp. entre otros.

Los diez géneros más reportados en el mundo por el daño que producen en los cultivos económicos son: *Meloidogyne*, *Tylenchulus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Heterodera*, *Radopholus*, *Ditylenchus*, *Rotylenchulus*, *Globodera* y *Helicotylenchus* (Sasser 1989).

2.3 Clasificación taxonómica

Los nematodos fitoparásitos pertenecen al Phylum *Nematoda* (*Nemata*) y una gran parte se encuentra en la clase *Secernentea*, que se distingue porque sus ejemplares presentan dos canales embebidos en los cordones laterales de la hipodermis a lo largo de su cuerpo y terminan en un poro excretor localizado ventralmente (Chitwood 1999).

Los nematodos que atacan la piña corresponden a la subclase *Diplogasteria*, orden *Tylenchida*, suborden *Tylenchina* y superfamilia *Tylenchoidea* (Siddiqi 1986, Fortuner *et al.* 1988).

3. NEMATODOS ASOCIADOS A LA PIÑA

3.1. Distribución geográfica

Reportes procedentes de diferentes partes del mundo han señalado la presencia de más de 15 géneros de nematodos en las raíces de la piña o su entorno, cinco de los cuales (*Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Criconeoides*) están relacionados con el decaimiento de la producción. Se han señalado más de 100 especies en asociación con las raíces del cultivo; aunque *Pratylenchus brachyurus* (G. H. Godfrey, 1929) Filipjev & Schuurmans Stekhoven 1941, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood 1949, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood 1949 y *R. reniformis* (Linford & Oliveira, 1940) son las más abundantes y patogénicas (Py 1969, Rohrbach y Apt 1986; Sarah 1990; Ko y Schmitt 1996; OIRSA-VIFINEX 1999; Jiménez *et al.* 2001).

En áreas de Brasil, se han identificado en la rizosfera de la piña los géneros *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* y *Xiphinema*. *P. brachyurus* ha mostrado tener una gran diseminación y poder patogénico en el cultivo de la piña. *R. reniformis* y *M. incognita* se han detectado asociados al cultivo, pero con menor incidencia de daños. (Costa *et al.* 1998a, Costa y Prata 2000, Costa 2000).

Las investigaciones realizadas en diferentes regiones productoras de piña de Venezuela, han encontrado a *Aphelenchus* sp., *Aphelenchoides* sp, *M. incognita*, *P. brachyurus*, *R. reniformis*, *Tylenchus* sp. y *Peltamigratus macbethi* (Suárez 1977, Renaud 1985, Petit 1990, Suárez y Rosales 1998). Se ha podido identificar además a las especies *Aorolaimus holdemani*, *Criconema demani*, *Ditylenchus acutus*, *Helicotylenchus dihystra* (Cobb) Sher, *Paratylenchus nawadus*, *Mesocriconema ornatum* y *Xiphinema dimidiatum*. Las más frecuentes y de mayor importancia en los pesquisajes fueron *P. brachyurus*, *H. dihystra* y *R. reniformis* (Jiménez *et al.* 2001).

En Hawái el nematodo de mayor importancia económica es *R. reniformis*. También *Meloidogyne* spp. ocasiona daños a la piña (PGAH 1998). Se ha reportado que los nematodos reniformes infestan tempranamente los campos y si las plantaciones no son

protegidas de la plaga, los frutos cosechados pueden ser pequeños e inconsistentes (USDA 2000).

Los principales nematodos que atacan la piña de República Dominicana son *M. javanica*, *M. incognita* y *P. brachyurus* (FDA 1992).

Las especies detectadas en el Paraguay pertenecen a los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus* y *Xiphinema*. Han sido identificadas *M. incognita*, *M. javanica*, *P. brachyurus*, *Pratylenchus zaeae*, *R. reniformis* y *H. dihystra* (Valiente 1997).

Los nematodos en Cuba pueden ocasionar mayores afectaciones a la piña que cualquier otra plaga y grandes pérdidas en los rendimientos (MINAG 1989). Las especies de mayor importancia son: *M. incognita*, *P. brachyurus* y *R. reniformis* (Gandoy y Ortega 1980, Sánchez 1983).

En los levantamientos nematológicos que se han realizado en Panamá a las plantaciones de piña, se ha observado al género *Helicotylenchus* como el de mayor frecuencia (Lara 1984, citado por OIRSA-VIFINEX 1999). También se ha informado la presencia de *Pratylenchus* sp., *Paratylenchus* sp., *Longidorus laevicapitatus*, *Helicotylenchus* sp., *Rotylenchus* sp., *Tylenchus* sp., *Aphelenchus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Ditylenchus* sp., *Dorylaimus* sp., *P. brachyurus* y *Pseudalenchus* sp. (Tarjan 1967, Tarté 1970).

3.2. Especies de mayor importancia

3.2.1. *M. incognita* y *M. javanica* (Nematodo de agallas o de nódulos de la raíz)

Estas especies están clasificadas dentro de la familia *Heteroderidae*, subfamilia *Meloidogyninae* (Siddiqi 1986, Fortuner *et al.* 1988) y provocan en las raíces la formación de agallas. Se encuentran en una gran parte de las regiones productoras de piña y prefieren los suelos ligeros. Las temperaturas bajas y una deficiente humedad en el suelo son desfavorables para su multiplicación (Ayala 1961, Py 1969).

Los síntomas en la piña son algo diferentes al resto de los cultivos. Las agallas terminales en las raíces principales tienen forma de clavo y presentan un diámetro de 3 a 4 veces mayor que el de una raíz normal. Inicialmente, las agallas son blancas, blandas y succulentas, cambiando luego a amarillas y finalmente a pardas. Si las agallas se encuentran distribuidas en la raíz, entonces pueden observarse en forma de huso (Godfrey 1936, Valiente 1997).

Cuando las agallas son viejas presentan frecuentemente en toda su extensión, un enrejillado de rajaduras longitudinales o transversales. También pueden aparecer raíces que no muestren evidencias externas de ataque, pero con una o más hembras y sus masas de huevos en el interior. Las agallas van acompañadas casi siempre de raíces en forma de escobas de bruja (Gandoy y Ortega 1980).

En la parte aérea se observa enanismo, amarillez, muerte regresiva del follaje y reducción del fruto (Roman 1978, Suárez y Rosales 1998).

M. incognita y *M. javanica* son especies endoparásitas sedentarias. El proceso de parasitismo comienza con la penetración por la región del meristema apical de la raíz (caliptra) y migración en las raíces de las larvas juveniles del segundo estadio (J_2), que son vermiformes. Estas se colocan muy cerca del cilindro vascular y comienzan a inyectar toxinas que provocan un crecimiento anormal de los tejidos. Mientras el nematodo se alimenta, aumenta de tamaño y adopta el estadio de hembra adulta piriforme o globosa.

Este parasitismo causa la formación de la agalla. En la fase adulta la hembra deposita alrededor de 500 a 1000 huevos en una masa gelatinosa, lo cual indica su alto poder de multiplicación. Este ciclo de vida tiene una duración de 27-40 días (Taylor y Sasser 1983). Las plantas atacadas por *Meloidogyne* pueden mostrar un sistema radical poco desarrollado con una gran cantidad de raíces secundarias, deficiente anclaje y reducida capacidad de absorción de agua y nutrientes. Además, se puede observar un florecimiento precoz y la disminución en el peso de la hoja y el tamaño del fruto (Gandoy y Ortega 1980, Rohrbach y Apt 1986, Sarah 1990, Costa *et al.* 1998a, Jiménez *et al.* 2001).

Un estudio de la relación entre la densidad de población de *M. javanica* y el rendimiento de la piña demostró que pueden ocurrir pérdidas económicamente significativas en las cosechas, cuando el nivel de población es mayor que 1-5 nematodos por 200 ml de suelo. La muestra compuesta por 50 unidades de suelo es apropiada cuando la densidad de población del nematodo se utiliza para tomar decisiones (Stirling y Kopittke 2000).

3.2.2. *P. brachyurus* (Nematodo lesionado o de las lesiones radiculares)

P. brachyurus se ubica taxonómicamente en la familia *Pratylenchidae*, subfamilia *Pratylenchinae* (Siddiqi 1986, Fortuner *et al.* 1988). Está asociado al cultivo como un patógeno importante. Se describió inicialmente en la piña, en Hawaii, por Godfrey en 1929. Esta especie tiene una amplia distribución en el mundo. Se han reportado grandes pérdidas en Costa de Marfil, África del sur, Australia, Antillas, Brasil, y Hawaii (Costa y Prata 2000).

Su ocurrencia es más frecuente en regiones de baja latitud. Es un nematodo endoparásito migratorio, que se puede observar generalmente dentro de las raíces. Los machos son vermiformes como las hembras, pero se encuentran en la naturaleza con muy poca frecuencia. Su reproducción es partenogénica mediante huevos sin fecundación) y el ciclo de vida se completa en 17 días (Costa 2000).

Tanto los estados juveniles como los adultos son infectivos, los cuales penetran a través de las células del cortex y se alimentan del contenido celular. Una vez que se alimentan, van migrando y dejando células muertas a lo largo de la raíz. Se ha observado en raíces con lesiones necróticas asociadas a reducción del crecimiento, plantas muertas, coloración amarilla, pérdida de turgencia en las hojas con marchitamiento de las plantas y síntomas de deficiencias nutricionales o estrés hídrico (Gandoy y Ortega 1980).

Poblaciones superiores a 1000 ejemplares por 10 g de raíces, causan la destrucción de los pelos radicales y de las raíces secundarias, así como pobre desarrollo de la parte aérea (Jiménez *et al.* 2001).

El nematodo lesionado se desarrolla mejor a bajos pH del suelo. Valores entre 4.2 y 4.5 favorecen los incrementos de poblaciones. Por el contrario, un aumento del pH del suelo provoca una disminución de la presencia del nematodo en las raíces. Un pH de 5.5-6 permite que el crecimiento, rendimiento y la producción de retoños de la piña sean óptimos y con mínima cantidad de nematodos. Los suelos ligeros, con textura predominantemente arenosa, de buena permeabilidad y drenaje, y muy ácidos (pH 4.0 a 4.5) son recomendables para la piña; pero muy sensibles a ser infectados por *P. brachyurus*. En estos casos se recomienda el encalado del suelo para mantener el pH en el rango adecuado (Osseni *et al.* 1997).

Es menos perjudicial en estaciones de seca bien definida, las cuales son poco favorables para la proliferación del nematodo. En condiciones adversas *Helicotylenchus* spp., *R.*

reniformis y *Criconema sp.* son observados en mayores poblaciones que *P. brachyurus*. Los nematodos endoparásitos son más competitivos que los ectoparásitos (Costa 2000). *P. brachyurus* ha causado pérdidas en la producción entre 30% y 50% en Costa de Marfil (Lacoeuilhe y Guérout 1976, Caswell *et al.* 1990) y 35% en Hawaii (Godfrey 1936). Existen evidencias de un antagonismo en la dinámica de las poblaciones de sínfilos (*Hanseniella ivorensis*), un miriápodo que ataca las raíces. Se ha demostrado que cuando se combate *H. ivorensis* con Mocap 20 G y Dyfonate 5 G, se induce un aumento de las poblaciones de *P. brachyurus*. Este aumento es más rápido, cuanto más efectivo es el control de *H. ivorensis* (Kéhé *et al.* 1997).

3.2.3. *R. reniformis* (Nematodo reniforme)

Pertenece a la familia *Hoplolaimidae*, subfamilia *Rotylenchulinae* (Siddiqi 1986, Fortuner *et al.* 1988). Es muy frecuente y altamente patogénico en Puerto Rico y Hawaii (Py 1969, PGAH 1998).

El ciclo de vida no sobrepasa los 21 días y depende de la temperatura del suelo. Sin embargo, bajo condiciones de anhidrobiosis, puede sobrevivir en ausencia de hospedero hasta por lo menos dos años en el suelo. La eclosión de los huevos ocurre a las dos o tres semanas de su puesta. Dentro del huevo ocurre una muda de la cutícula, formándose el J₂ que emerge y logra su capacidad infectiva en una o dos semanas posterior a la eclosión. De 7 a 14 días después de la penetración en la raíz, las hembras alcanzan su madurez, mientras los machos se mantienen fuera de la misma con capacidad para fecundar y almacenar esperma. Con frecuencia la cantidad de hembras y machos es igual, y la reproducción del nematodo es sexual; aunque puede ocurrir por partenogénesis. Los huevos son depositados en una matriz gelatinosa en un número que oscila entre 60 y 200. (Radewald y Takeshita 1964).

Con posterioridad a la infección de las hembras, se induce la formación de una célula sincitio multinucleada, producto de la disolución de la pared celular de varias células vecinas, la cual sirve de sitio de alimentación. Bajo el microscopio estereoscópico se pueden observar hembras adultas parcialmente introducidas en las raíces, algunas de ellas con sus masas de huevos. Los cultivos más severamente afectados por el nematodo reniforme en suelos de elevada altitud son el algodón, la piña, y muchos vegetales entre los que se incluyen tomate, quimbombó, calabaza y lechuga (Gandoy y Ortega 1980).

Los machos y las larvas viven libres en el suelo, principalmente en el área que rodea las raíces. Los síntomas característicos del ataque de *R. reniformis* consisten en sistema radical secundario necrótico, ausencia parcial o total de éste y proliferaciones en forma de escobas de bruja (Ayala 1961, 1962).

En Estados Unidos, el servicio de extensión en Mississippi y Alabama ha recomendado realizar tratamientos con nematicidas en plantaciones de algodón, cuando la densidad de población es mayor a 2 nematodos por cm³ de suelo en primavera y 10 nematodos por cm³ en otoño o invierno (Wang 2001). El umbral económico para el nematodo reniforme en la piña es 300-310 nematodos por 250 cm³ de suelo (Sipes y Schmitt 2000).

En el sur de la Florida, se han señalado reducciones del rendimiento en judía, hasta un 10% (McSorley *et al.* 1981). La piña es un cultivo que cuenta con un sistema radical superficial, especialmente en sus primeras etapas de crecimiento. La mayor cantidad de raíces de la piña se encuentra a una profundidad de 15 cm (Black 1962). El daño causado durante la alimentación del nematodo es permanente, porque sus raíces no se regeneran cuando son

eliminadas hasta la base y su desarrollo depende de las características físicas del suelo tales como: estructura, aireación y humedad (PGAH 1998).

En Hawai, las pérdidas de la producción pueden alcanzar hasta un 75% si no se establecen controles en las poblaciones del nematodo. Por esa razón, la industria ha aportado cerca de 5 millones de dólares para sustentar una amplia investigación (MacCluer, citado por Tanji 2000).

Otros estudios evidencian, que las pérdidas de rendimiento en la piña se han calculado para la primera cosecha en un promedio de 21% con valores máximos de 38%, y para el primer retoño se alcanza hasta el 60% con un promedio de 29% (Sipes y Schmitt 1994, Sipes 1996, Sipes y Schmitt 1996). En muestras para análisis nematológico, frecuentemente se han detectado poblaciones del nematodo reniforme de 5 000 por 250 cm³ de suelo, y en algunos conteos se han observado hasta 15 000 (PGAH 1998). El promedio en las poblaciones de esta especie de nematodo es 734 por 250 cm³ de suelo (Sipes y Schmitt 1996).

Aunque la piña puede ser afectada con poblaciones superiores a 310 por 250 cm³ de suelo (umbral económico); el nematodo puede convertirse en el primer factor limitante del cultivo, incluso con predominio sobre las propiedades físicas del suelo, cuando alcanza densidades de población por encima de 1 000 por 250 cm³ de suelo. En estos casos decrece sensiblemente el peso del fruto (Sipes y Schmitt 2000).

3.2.4. *H. dihystra* (Nematodo de espiral)

Se han observado abundantes poblaciones de *Helicotylenchus* sp. principalmente en áreas de piña de Puerto Rico y Martinica que anteriormente eran prados naturales (Ayala 1961; Dormoy, citado por Py 1969).

Helicotylenchus dihystra es un nematodo ectoparásito (semiendoparásito) que ocasiona daños a las raíces. Cuando se encuentra en altas poblaciones junto a otros géneros y especies, puede afectar los rendimientos y la calidad de la piña (Valiente 1997).

3.3 Síntomas generales y daños que causan en la planta

Los síntomas producidos por el ataque de nematodos pueden ser confundidos con los causados por el ataque de cochinilla y otros parásitos (Valiente 1997).

En general las plantas atacadas por nematodos fitoparásitos muestran clorosis marcada en las hojas que frecuentemente se torna en una coloración rojiza, hojas pequeñas y estrechas, muerte regresiva del follaje, enanismo, pérdida del ápice de las raíces y atrofia general de las mismas. Además, como consecuencia de una disminución en la eficiencia de la absorción de nutrientes y en la concentración de elementos minerales en las hojas de la piña, se puede esperar que la producción sea retardada y se obtengan frutos pequeños (Py 1969, Roman 1978, Lacoevilhe y Guérout 1976, Caswell *et al.* 1990, Gratacós 1991, Costa *et al.* 1998a, Suárez y Rosales 1998).

3.4. Interacciones con otros patógenos

Con frecuencia *Pratylenchus* se asocia con *Fusarium*, *Phytophthora* y *Pythium*, causando severas pudriciones en las raíces. Las lesiones causadas por nematodos desencadenan una serie de anomalías en toda la planta, como el debilitamiento general causado por

trastornos nutricionales y en consecuencia, una mayor predisposición al ataque de hongos, bacterias y virus causantes de enfermedades en la parte aérea y subterránea. Las especies de los géneros *Trichodorus*, *Paratrichodorus* y *Xiphinema* son transmisores de virus (Py 1969, Valiente 1997).

Las especies del género *Meloidogyne* por lo general están asociadas con otros patógenos, especialmente hongos del suelo (*Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium*), y bacterias del género *Pseudomonas* y *Corynebacterium*. Por otro lado *P. brachyurus* es capaz de establecer una interacción sinérgica con la cochinilla (*Dismicococcus brevipes*) para aumentar los daños que causa aisladamente (Dinardo-Miranda *et al.* 1997, Costa *et al.* 1998b).

R. reniformis se considera un factor importante en la incidencia de la marchitez del algodón causada por *Fusarium* y *Verticillium*, ocasionando que las variedades resistentes al *Fusarium* se tornen susceptibles (Wang 2001).

4. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LOS NEMATODOS

4.1. Manejo integrado

El manejo integrado de plagas (MIP) comprende acciones que mantienen las poblaciones en niveles por debajo de los que causan perjuicios económicos (Glass 1975, Brown 1987). La integración de todas las medidas debe implicar al manejo económico y ecológicamente sano de la plaga y el cultivo. En el caso de la desinfección del suelo los componentes del MIP, deben ser especialmente adaptados y adoptados como una combinación de diferentes métodos de control (Katan 1999, 2000).

El establecimiento del manejo de nematodos parásitos de plantas, depende de la estimación precisa de las densidades de población y del conocimiento de los umbrales del daño (Sipes y Schmitt 2000).

Varios de los métodos usualmente utilizados para limitar o prevenir el daño provocado por los nematodos, han sido evaluados como tácticas potenciales en los sistemas de manejo integrado de plagas. La implementación del manejo integrado de los nematodos en el contexto del manejo integrado del cultivo, incluye el estudio de las pérdidas en las cosechas, de los sistemas de cultivo y del biomonitorio. Entre las estrategias y tácticas se encuentran las combinaciones del mantenimiento de la sanidad, las plantas resistentes, la rotación de los cultivos, el uso de plantas de cobertura, la fecha de plantación, el barbecho y el laboreo en correspondencia con la conservación del suelo, las enmiendas al suelo, los métodos físicos, biológicos y el empleo de reducidas dosis de productos químicos de bajo riesgo (Duncan *et al.* 1998, Bello *et al.* 2001).

Los métodos no convencionales de control de nematodos por la vía química y no química, están siendo abordados cada vez con mayor énfasis e interés, entre los cuales se encuentran los nematicidas naturales, la resistencia inducida, el reconocimiento del hospedero y la manipulación de los genes del colágeno (Oka *et al.* 2000, Chellemi *et al.* 2000).

El futuro MIP será utilizado en el control de los nematodos, para mantener los rendimientos de las cosechas, al mismo tiempo que se minimizan los efectos indeseables (Prasad *et al.* 2002, Gautam *et al.* 2002).

4.2. Medidas sanitarias y culturales

El suelo y la materia orgánica que se destine a las plantaciones de piña deben estar libres de parásitos, o al menos con muy bajas poblaciones, y debe disponer de los nutrientes indispensables para la planta. Es necesario evitar la presencia de hospederos de nematodos. Si se desea comenzar una plantación en un área donde anteriormente se cultivó piña u otro cultivo, se debe destruir todo material vegetal por razones sanitarias y nutricionales. Se deben evitar escorrentías (que pueden estar contaminadas con nematodos) en suelos desnudos que dependen esencialmente de la pendiente del terreno y de la naturaleza del suelo, y sobre todo, de su permeabilidad en función de las precipitaciones. En cualquier caso se recomienda evitar la erosión con sistemas de drenaje y plantar perpendicularmente a la línea de mayor pendiente (Py 1969, Sasser 1989).

4.3. Preparación del terreno

La preparación del suelo es de gran importancia para la piña, porque como se ha explicado, su sistema radical es frágil y mayormente superficial, sobre todo si se hace en período seco y caliente. Se pueden aprovechar las labores para hacer enmiendas orgánicas y químicas (Py 1969, Sánchez 1983).

Los pases de rastra permiten que los nematodos queden expuestos al sol y disminuya su población, aunque el empleo de esta labor puede ser discutido, sobre todo en suelos ligeros, por la tendencia a la destrucción de los agregados tan frágiles. Cuando se realiza una remoción prolongada de la tierra, se reduce la humedad del suelo, favoreciendo la deshidratación de los nematodos (Costa y Prata 2000, Costa 2000).

Dichas operaciones deben hacerse siempre en suelos con adecuada humedad. Si la permeabilidad del suelo es deficiente, se recomienda emplear subsolador de forma cruzada a una profundidad de 60-80 cm y nivelaciones para evitar depresiones, donde se pueda estancar el agua. Además se deben efectuar labores sucesivas a 25-40 cm, que aceleran la descomposición de los desechos vegetales y contribuyen a disminuir las poblaciones de parásitos. El acondicionamiento del suelo no es suficiente para destruir los principales parásitos, por lo que al concluir las labores usualmente se recurre a los pesticidas (Py 1969, Suárez 1998, OIRSA-VIFINEX 1999).

4.4. Barbecho

Consiste en mantener un área de la plantación de piña infestada con nematodos, durante cierto período de tiempo sin vegetación, con aplicaciones de herbicidas o araduras constantes para exponer los huevos y las formas juveniles a los rayos solares. Los nematodos no sobreviven sin las plantas hospederas. En los cultivos anuales de Brasil, el barbecho se practica normalmente entre las zafras coincidiendo con la época lluviosa del año. Es una medida potencialmente eficiente para controlar altas infestaciones de *P. brachyurus* (Caswell *et al.* 1990, Costa y Prata 2000).

Es recomendable que se realice un laboreo intensivo del suelo infectado con nematodos durante varios meses, cuando haya sido dedicado con anterioridad al cultivo de la piña (Py 1969, Sánchez 1983).

Con tres meses de barbecho y araduras profundas se pueden reducir cerca de 50 especímenes por litro de suelo, independientemente de la población inicial. A partir de ese tiempo se puede esperar un decrecimiento progresivo de las poblaciones (Caswell *et al.* 1990).

En plantaciones de Hawaii, se manejan los nematodos fitoparásitos mediante barbecho durante 6 a 12 meses, fumigación antes de la siembra y aplicación de nematicidas no fumigantes posteriores a la siembra (Apt y Caswell 1988).

La eficacia del barbecho depende de las especies de nematodo que se deseen combatir. El barbecho seco, por ejemplo, puede resultar inefectivo como medio de control para *R. reniformis*, pues este nematodo puede entrar en anhidrobiosis en suelos que pierden humedad lentamente, y reviven cuando las condiciones ambientales son favorables. El barbecho húmedo pudiera ser más efectivo a esos fines, pero con malezas no se recomienda, debido a que muchas son hospederas del nematodo reniforme (Apt 1976).

La desventaja de este método radica en que el suelo queda expuesto a la acción de la erosión y se crean condiciones desfavorables para la piña tales como: disminución de la fertilidad por la reducción de la materia orgánica y nutrientes, y decrecimiento de la población de hongos micorrizas beneficiosos a las plantas (Costa y Prata 2000).

4.5. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una de las prácticas más antiguas que pueden ser utilizadas exitosamente para el control de las enfermedades, nematodos y malezas que afectan a la producción de los cultivos (Glynn 1965).

Sin embargo, el empleo del monocultivo (desarrollo de un cultivo con una alta frecuencia en una misma área agrícola), está bastante extendido. Se ha observado que después de varios años de monocultivo se incrementan las poblaciones de las plagas en el suelo, forzando al agricultor a buscar con brevedad medidas para controlarlas (Katan 2000).

La rotación con cultivos resistentes es un medio eficaz que contribuye a bajar las poblaciones de los nematodos (OIRSA-VIFINEX 1999). *Digitaria decumbens* (Pangola) reducen la infestación por *M. incognita*, mientras *Crotalaria* sp. y *Stylosanthes gracilis* permiten controlar el nematodo *Pratylenchus* (Suárez 1998).

En una prueba de rotación de cultivos, *Pueraria phaseoloides*, una mezcla de *Crotalaria usaramoensis* y *Crotalaria retusa*, maní y *Panicum maximum* desarrollados en diferentes períodos de tiempo y tipos de suelo fuertemente infestados por *M. incognita* fueron seguidas por berenjena. Las poblaciones de nematodos decrecieron abruptamente en el suelo donde se sembró crotalaria, maní, y panicum. Después de 18 meses la planta de berenjena seguida de crotalaria, maní y panicum estuvieron libres de *Meloidogyne*. Los resultados de esta prueba se aplicaron en un proyecto piloto, donde se combinaron el crecimiento del vegetal y la reproducción de ovejas sobre panicum (Netscher 1984).

Se recomienda la rotación de cultivos con especies de plantas resistentes o inmunes. Entre ellas se incluyen la mostaza (*Brassica nigra*), avena, rhodesgrass (*Chloris gayana*), *Stylosanthes gracilis*, cebolla, caña de azúcar, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea* y *Tagetes patula* (Caswell et al. 1990, Caswell et al. 1991, Robinson et al. 1997).

La piña se rota con caña de azúcar o pagolagrass en Puerto Rico (Roman 1964). Sin embargo, la utilización de estas plantas debe ser indicada de acuerdo a los resultados de los análisis de suelo y raíces. La caña de azúcar es mala hospedera de *R. reniformis*, pero muy susceptible a *P. brachyurus* y *M. incognita* (Costa y Prata 2000).

Por otro lado, la crotalaria es una hospedera inadecuada para *Meloidogyne* spp., *R. reniformis*, *Radopholus similis*, *Belonolaimus longicaudatus* y *Heterodera glycines*. Aunque es necesario tener en cuenta que muchas especies pueden ser atacadas por

Pratylenchus spp., *Helicotylenchus* sp., *Scutellonema* sp., y *Criconemella* sp. (Wang *et al.* 2002a).

Es aconsejable sembrar, como cultivos de rotación, el algodón, el sorgo, maíz y las variedades de frijol de soya resistentes para el nematodo reniforme (Starr y Page 1990).

4.6. Biofumigación

Consiste en la fermentación de la materia orgánica incorporada al suelo que genera compuestos volátiles letales para muchos microorganismos, incluyendo diferentes nematodos, malezas y hongos (Kirkegaard y Sanwar 1998, Bello 1998, Villeneuve y Lepaumier 2000).

La biofumigación puede resultar en la selección de la microflora beneficiosa. La actividad inhibitoria depende de la desactivación térmica, de la liberación de compuestos volátiles biotóxicos tales como amonio, metil isotiocianatos y otros compuestos de azufre. También son liberados estimulantes de los antagonistas saprofíticos del suelo, entre los que se señalan los aldehídos, los alcoholes, y las toxinas alelopáticas (Braga *et al.* 2003).

Esta técnica es fácil de aplicar y su costo es mínimo donde el empleo de materia orgánica es una práctica frecuente. Ha sido validada en fresa, pimiento, calabaza, tomate, col, ornamentales, cítricos y frutales, plátano, uva y zanahoria. Para lograr los mejores resultados se deben tener en cuenta los siguientes factores: (i) la materia orgánica debe encontrarse en proceso de descomposición, (ii) durante la transportación y almacenamiento en el campo es necesario evitar las pérdidas de gases cubriendo las pilas con plástico hasta la aplicación, (iii) aplicar a una dosis de 100 Tn/Ha, (iv) se puede combinar con solarización y (v) el material, debe ser distribuido uniformemente con rotovator, nivelado, humedecido hasta la saturación con aspersión, inundación o goteo, y cubierto con un plástico durante al menos 2 semanas (Bello *et al.* 2001).

4.6.1. Enmiendas orgánicas

La tendencia actual de la investigación para reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, se encamina hacia el estudio de métodos que no impliquen contaminación ambiental. Uno de estos métodos es el empleo de enmiendas con materia orgánica, que en el cultivo de la piña es muy beneficiosa, por sus efectos directos e indirectos sobre las poblaciones de nematodos. La acción de la materia orgánica está directamente relacionada con el aumento de la actividad de los organismos antagonísticos como hongos, bacterias y otros, aunque no es más eficaz que las fumigaciones con nematicidas (Costa y Prata 2000).

El empleo de estiércoles vacuno, de oveja y de carnero, gallinaza y cascarilla de arroz junto a prácticas culturales como rotación de cultivos, uso de cubiertas de vegetales y variedades de tomate resistentes, redujeron las poblaciones de *M. incognita* y el uso de agroquímicos (Leon *et al.* 2000, Bello *et al.* 2003).

4.6.2. Abono verde

D. decumbens y *C. usaramoensis* son recomendadas para ser usadas como abono verde (Py 1969). Las enmiendas combinadas o por separado de residuos o extractos de yuca y *Azadirachta indica* en Nigeria, permitieron reducir *P. brachyurus* en 72% y 75% respectivamente (Caswell *et al.* 1990). Cuando se utiliza material vegetal proveniente de las

Brassicas y en presencia de la actividad enzimática de la mirosinasa, responsable de la hidrólisis de los glucosinolatos, se logra un efecto fungicida, fungistático, insecticida, nematocida y nematostático (Brown y Morra 1997, Lazzeri y Manici 2000).

El efecto de este método se puede incrementar sobre los nematodos, si se combina con la solarización. Reportes de diferentes países muestran resultados muy alentadores empleando la biofumigación, como una alternativa factible de utilizar para sustituir al BrMe en el manejo integrado de nematodos (Gamliel 2000).

Se han logrado reducciones de *M. incognita* desde 45.9% hasta 83.4% empleando follaje (5000Kg/Ha) de leucaena (*Leucaena leucocephala*), algodón de seda (*Calotropis procera*) y Cebolleta (*Cyperus rotundus*) aplicados como abono verde o extracto acuoso (González *et al.* 2001).

4.7. Solarización del suelo

La primera evidencia de la efectividad de la solarización como método para el control de patógenos fue señalada en 1975 por Katan *et al.* Inicialmente fue utilizada en tratamientos dirigidos a proteger áreas con efectos de borde (Grinstein *et al.* 1995). Este método consiste en cubrir un suelo húmedo con una fina lámina de plástico polietileno transparente durante al menos cuatro semanas en los meses de mayor calor, cuyo principio está basado en un proceso hidrotérmico, donde las temperaturas pueden alcanzar en el día valores máximos desde 37°C hasta 50°C a una profundidad de 30 cm que pueden resultar letales para los patógenos del suelo. (Katan 1981).

La solarización se considera un importante descubrimiento en la desinfección no química y ha sido utilizada por su efectividad en el control de microorganismos patógenos del suelo, dentro de los cuales se encuentran los fitonematodos. Además, ha sido muy útil para eliminar insectos y un gran número de malezas (Ramírez-Villapudua 1996).

Investigaciones posteriores han demostrado que diversas especies de nematodos pueden ser controlados por esta vía en cultivos agrícolas de importancia económica como: *Heterodera schachtii*, *Helicotylenchus digonicus*, *Criconemella xemoplax*, *Meloidogyne hapla*, *Paratrichodorus porosus*, *Paratylenchus hamatus*, *Pratylenchus vulnus* y *Xiphinema* spp. en almendro (Stapleton y De Vay 1983), *Ditylenchus dipsaci* en ajo (Siti *et al.* 1882), *M. incognita* en berenjena, papa, algodón y tomate (Rahman y Katan 1986, Pullman *et al.* 1984, De Vay *et al.* 1985, Marban-Mendoza *et al.* 1985), *Nacobbus aberrans* en tomate (Marban-Mendoza *et al.* 1985) y *Pratylenchus thornei* en papa (Grinstein *et al.* 1979).

Los suelos solarizados conservan sus poblaciones de microorganismos beneficiosos, y le permiten a los antagonistas colonizar el espacio del suelo dejado por los patógenos, predominando durante un tiempo relativamente prolongado. Esto le permite al cultivo, en la primera fase del ciclo productivo, un crecimiento y desarrollo adecuados. Adicionalmente, la solarización logra cambios en el suelo mejorando sus características físicas y químicas para las plantas tales como, mayor disponibilidad de nutrientes en su forma asimilable, aireación y drenaje. Por consiguiente, el cultivo es capaz de incrementar su rendimiento con una reducción de las plagas y enfermedades, sin agresiones al medio ambiente (Ramírez-Villapudua 1996).

Con este método, en Siria se ha logrado una reducción del 98% de las poblaciones de *Meloidogyne artiellia*, *P. thornei* y *Heterodera ciceri* con una lámina doble de polietileno transparente de 50 micras, y 87.4% con una lámina simple, lo que permitió incrementar el rendimiento del garbanzo en 73.5% y 53.9% respectivamente (Akem *et al.* 2000).

Combinando la solarización con estiércol de establo a una dosis de 40 t/ha, se ha logrado reducir la infestación de *M. javanica* en 83% y *Phytophthora drechsleri* en 96% en pepino. Además se redujo en casi 100% todas las malezas con excepción de *Cyperus rotundus* y *Sonchus asper* que disminuyeron en 59% y 44% respectivamente (Nasr 2000). Por otra parte, en un estudio de dos años de duración, el índice de agallas en las raíces provocadas por *Meloidogyne* spp. fue menor y el rendimiento se incrementó (Pokharel 2000).

Los mejores resultados se han obtenido empleando nuevos materiales (VIF-Virtually impermeable films) desarrollados a partir de la combinación de polímeros como el nylon y el polietileno (Chellemi *et al.* 1997, Gamliel *et al.* 1997).

La solarización del suelo podría ser un método ideal para semilleros de climas tropicales, con una adecuada proporción costo-beneficio en comparación con el BrMe y Metam Sodio (Salles 2001).

4.8. Plantas de cobertura

La práctica de diferentes técnicas de cobertura del suelo en plantaciones de piña es muy antigua. Inicialmente fue utilizada con propósitos de conservación y mejoramiento de suelos (Wang *et al.* 1960).

La alelopatía consiste en la interacción bioquímica planta-planta o planta-microorganismo (Rice, 1984). Se conocen diversos cultivos de cobertura con capacidad para producir compuestos alelopáticos contra nematodos parásitos de plantas. Entre ellos se pueden citar, *Tagetes* spp. que producen α -tertienilo, *Crotalaria* spp. que producen monocrotalina (Gommers y Bakker, 1988; Fassuliotis y Skucas, 1969), y *Brassica napus* que produce glucosinolatos con acción nematicida cuando reaccionan con la mirosinasa (Brown *et al.* 1991).

Este efecto alelopático de los cultivos de cobertura está dirigido contra los nematodos. Por ejemplo, *R. reniformis* es más vulnerable al compuesto alelopático liberado por *C. juncea* que al correspondiente a *B. napus* y *T. erecta*.

Lolium multiflorum, *Triticum aestivum*, *Paspalum conjugatum*, *Indigofera spicata* y *Glycine javanica* (*Neonotonia wightii*) también reducen las poblaciones de *R. reniformis* en el suelo. Por sus actividades alelopáticas se han utilizado, en invernaderos de Hawaii, como cultivos interciclo durante tres meses, *C. juncea*, mostaza amarilla (*Sinapis alba*) y marigold (*T. erecta*). En todos los casos se redujeron las poblaciones de *R. reniformis*, siendo más eficiente *S. alba*. La supresión de *R. reniformis* dio buenos resultados hasta seis meses después de sembrada la piña en parcelas tratadas con *C. juncea*, que alcanzó la altura máxima a los 12 meses. Esta capacidad de *C. juncea* es más efectiva en suelos con poblaciones de nematodos más bajas o menos activas, lo cual se debió en parte al aumento de las poblaciones de hongos atrapadores de nematodos. (Wang *et al.* 2002b, 2002c).

C. spectabilis sembrada o intercalada con el cultivo ha demostrado tener la capacidad de reducir el número de agallas de *M. incognita* y mejorar el desarrollo vegetativo, con incrementos en el rendimiento (Campos y Da Ponte 1999).

También se aconseja el cultivo de la piña en asociación con *C. retusa*, que es una planta de porte bajo. Se debe sembrar a chorrillo en el medio, cada dos hileras de piña. Esta práctica permite controlar la población de nematodos y el crecimiento de malezas, conservar la humedad, mejorar la disponibilidad de materia orgánica en el suelo; y finalmente utilizar los restos al final de ciclo como cobertura muerta (Valiente 1997).

4.9. Variedades resistentes

Las variedades Cayena lisa y Española roja son susceptibles, aunque se han reportado con resistencia al ataque de los nematodos, el híbrido 520 y las variedades Wilk kailua, Natal, Pernambuco, Hilo cayenne, Ruby, y Taboga (Collins y Hagan citado por Py 1969).

Ningún cultivar de algodón o piña es resistente al nematodo reniforme. Se han desarrollado líneas de mejora genética de algodón tolerante al nematodo reniforme. Los cultivares de frijol de soya Peking, Dyer, Custer, y Pickett son altamente resistentes al nematodo reniforme (Rebois *et al.* 1970). Algunos cultivares de tomate son resistentes a este nematodo (Balasubramanian y Ramakrishnan 1983).

En Costa de Marfil se ha demostrado que el clon Perolera 103-104 admite altos niveles del nematodo *P. brachyurus* con mínimo daño a la piña. Esta tolerancia pudiera ser una ventaja para los programas comerciales de mejoramiento del cultivo. El estudio se realizó usando inóculos de 845 ó 1690 nematodos por planta con seis clones de piña y comparando las poblaciones finales a los 5 meses de inoculado (Gnonhouri *et al.* 2000).

El Programa de Administración Ambiental de Pesticidas de acuerdo con la Asociación de productores de Piña del Hawaii y la USEPA, así como la Universidad de Hawaii están llevando a cabo estudios para desarrollar plantas de piña transgénica, resistentes a los nematodos. Estas plantas permitirán a la industria reducir e incluso descontinuar el uso de fumigantes del suelo pre-siembra y nematicidas post-siembra (PGAH 1998, U.S. AgBiotech Patents 2000). Actualmente, se destinan financiamientos para continuar investigando con este propósito (Gianessi *et al.* 2002).

Por su parte la Unión Europea inició en 1997 un proyecto de mejoramiento genético para desarrollar cultivares resistentes a las principales enfermedades de la piña en Sudamérica. Este proyecto incluye aspectos de gran interés tales como: caracterización de los recursos genéticos disponibles (descripción botánica y agromorfológica, caracterización del ADN citoplásmico y nuclear), estudio de la estructura genética del género *Ananas*, desarrollo y aplicación de técnicas de búsqueda de resistencia a las enfermedades más importantes de la región (fusariosis, podredumbre del corazón de la fruta, tecla y nematodos), estudio de la heredabilidad de los rasgos agronómicos y pruebas del potencial de consanguíneos parciales en la mejora genética. Además, se establecerá una base de datos estándar que promueva el intercambio de información y germoplasma entre los participantes, que posteriormente será extendido a todas las colecciones de germoplasma de piña existentes. El proyecto favorecerá nuevos usos de cultivares tradicionales o rechazados, ampliando la base genética del cultivo de la piña. El desarrollo de nuevos esquemas asociados al mapeo genético, elevará mucho la eficiencia del mejoramiento de la piña, permitiendo la transferencia de resistencias y promoviendo un control integrado de plagas y enfermedades menos agresivo al ambiente (Coppens *et al.* 2000).

4.10. Microorganismos antagonistas

El uso de agentes de control biológico debe ser combinado con otras medidas. Mediante el uso de microorganismos antagonistas se evitan los efectos perjudiciales que los nematicidas químicos han ocasionado a los sistemas agroecológicos. Los antagonistas requieren del conocimiento de los diferentes factores del suelo que influyen en su desarrollo y en la eficacia del control de la plaga. Entre ellos se pueden señalar la humedad, pH, temperatura y potencial matricial (Vannaci y Gullino 2000).

Las bacterias (Spiegel *et al.* 1987, Oka *et al.* 1993, Spiegel *et al.* 1991) y los hongos (Oka *et al.* 1997, Fernández *et al.* 1998, Spiegel y Chet 1998, Sharon *et al.* 1998) han sido los antagonistas de nematodos más eficientes en otros cultivos.

La aplicación alternada de 1.5 L por Ha de Sincosín AG, más 750 cc por Ha de Bio-Bac con un producto químico, ayuda a las plantas de piña a tener mayor vigor y evitar el desbalance de la flora microbiana benéfica del suelo. El tratamiento debe realizarse después de una lluvia (en suelo húmedo), con un pulverizador especial dentro de las hileras (Valiente 1997).

4.11. Micorrizas arbusculares

Se ha experimentado con resultados muy promisorios en la piña, el uso de hongos micorrizas como biofertilizante para reducir el empleo de fertilizantes minerales, aumentar los rendimientos y preservar los recursos del suelo y el agua (Thamsurakul *et al.* 2000).

La micorriza es una asociación mutualista que se establece entre la raíz de una planta superior y ciertos hongos del suelo que se asocian de forma simbiótica. Esta relación se presenta en el 95% de la especies vegetales en muy diversos hábitats de forma natural. Entre ambos simbioses existe un intercambio beneficioso: las raíces de las plantas proporcionan al hongo azúcares producidos por la fotosíntesis, mientras que el hongo suministra a la planta nutrientes minerales y agua que extrae del suelo a través de su red externa de hifas. Las micorrizas arbusculares (MA) son las más ampliamente distribuidas y pueden encontrarse en la mayoría de los cultivos de interés agronómico en condiciones naturales. También permite que se regenere constantemente la biomasa radical y compensa los daños que provoca el ataque del nematodo, conservándose sana una gran parte de la raíz (Calvet *et al.* 1999).

Cuando la planta está micorrizada, la población de nematodos disminuye en la raíz debido a la competencia que se establece entre el hongo y el nematodo por espacio y nutrientes. El hongo, al colonizar las raíces, es capaz de desplazar organismos patógenos como los nematodos, lo que puede ser considerado un método de control biológico (Pinochet *et al.* 1996).

La introducción de la micorrización artificial temprana es una alternativa biotecnológica real a la utilización de pesticidas y biocidas para combatir plagas y enfermedades. Otro beneficio adicional radica en el hecho de que los hongos MA se pueden asociar a otros microorganismos que favorecen el crecimiento de las plantas, como son los promotores del crecimiento vegetal y los antagonistas microbianos (Calvet *et al.* 1993, Rodríguez-Kábana y Calvet 1994).

4.12. Fertilizantes nitrogenados

El amoníaco anhidro es un gas tóxico a los nematodos. Su acumulación en el suelo puede ser utilizada como una medida drástica para evitar que altas poblaciones del patógeno se desarrollen (Eno *et al.* 1955, Oka *et al.* 1993, Gamliel y Stapleton 1993, Rodríguez-Kábana *et al.* 1990, Lazarovits *et al.* 1999). El calentamiento del suelo enmendado con fertilizantes basados en amoníaco en pruebas de simulación de la solarización ha resultado efectivo sobre *M. incognita* y *Pythium ultimum* (Stapleton *et al.* 1991).

La inyección de amoníaco anhidro al suelo, como fertilización nitrogenada a razón de 300-900 mg por Kg de suelo, reduce las poblaciones de nematodos (Eno *et al.* 1955). La

aplicación de urea al suelo, también tiene una acción eficaz sobre los nematodos, cuando se transforma en amonio por la actividad de la enzima ureasa. Las dosis superiores a 300 mg por Kg de suelo, han mostrado ser las más efectivas (Huebner *et al.* 1983). Aunque el amonio tiene una pobre difusión en el suelo, con un movimiento de solo unos pocos centímetros desde el punto de aplicación se puede lograr una concentración del producto en la zona de incorporación (Eno *et al.* 1955).

4.13. Nematicidas químicos

Los fumigantes químicos alteran el equilibrio biológico del suelo y reducen la capacidad de asimilación de nutrientes como el hierro, magnesio y fósforo (Py 1969).

En la actualidad los plaguicidas registrados para la desinfección del suelo se han restringido drásticamente debido al impacto negativo sobre la salud pública y el ambiente. Ningún producto químico es de por sí una alternativa para reemplazar el uso del BrMe en pre-plantación, si se tienen en cuenta los términos de consistencia y eficacia de control de plagas (Braga *et al.* 2003).

Para facilitar una buena difusión de los vapores en aplicaciones directas al suelo, es indispensable que esté muy mullido, moderadamente húmedo y con terrones de diámetro no mayor de 2.5 cm (donde los nematodos pueden sobrevivir al tratamiento). Tampoco puede tener desechos vegetales de hospederos que puedan servir de refugio a los nematodos endoparásitos y frenar la expansión de los vapores (Hutchinson 1957).

Las regulaciones vigentes han presionado a los investigadores a buscar alternativas en los tratamientos pre y post-siembra. La formulación emulsificable de 1,3-D no fumigante es tan efectiva como la forma volátil aplicada en pre-siembra. Sin embargo, no resultó igualmente favorable comparada con el Fenamifos, en aplicaciones después de la cosecha (Sipes y Schmitt 1996).

El Fostiozate, otro de los nematicidas no fumigantes, se comportó tan bien como el Fenamifos en tratamientos post-plantación, aunque no es comparable con el 1,3-D en tratamientos pre-siembra (Sipes 1996).

El tetratiocarbonato es insuficiente tanto en pre como en post-siembra, mientras que Ethoprop es una alternativa tan efectiva como el Fenamifos en post-siembra (Sipes y Schmitt 1995).

Las densidades de población del nematodo reniforme, alcanzan los mismos valores iniciales que existían antes de la plantación, a los 10 meses después de haber realizado la fumigación del suelo (Sipes y Schmitt 1996). Pero, posterior a los 27 meses de plantada la piña, los niveles pueden incrementarse hasta 3 100 nematodos por 250 cm³ de suelo. La fumigación pre-plantación proporciona al cultivo protección, solamente para la salud de la primera cosecha. Sin embargo para producir económicamente viable la cosecha de los retoños se requiere de aplicaciones post-plantación de nematicidas. (Sipes y Schmitt 1994).

Aplicaciones de Fenamifos y Oxamil cada seis meses, aplicados al follaje incrementan la cosecha y no hay necesidad de aplicar nematicidas antes de la siembra (Candenado Lay, citado por Roman, 1978).

En Hawaii, se aplica la fumigación inyectada al suelo por debajo de una cobertura plástica, a unos 7 000 acres sembrados con piña cada año. De ellos el 63% se protege con 1,3 dicloropropeno (1,3-D) en una proporción de 200 a 300 libras por acre. (USDA 2000).

También se usa el BrMe en el 37% de las plantaciones de piña a razón de 120 libras por acre. El empleo de estos productos químicos reduce alrededor del 91% la población del nematodo reniforme antes de la siembra (Sipes y Schmitt 1995).

El monitoreo de las poblaciones de nematodos de forma regular durante el ciclo del cultivo, permite determinar la cantidad y forma de aplicación de los nematicidas post-siembra (PGAH 1998). Fenamifos es el nematicida post-siembra preferido, porque inhibe la alimentación y reproducción del nematodo. Su aplicación se realiza anualmente entre 5.5-8.3 libras por acre a cerca del 10% del área dedicada a la piña (Sipes y Schmitt 1996).

En Paraguay se recomienda el uso del nematicida de contacto Caduzafos (Rugby 10%) por su eficiencia en el control de nematodos. Se aplica en forma localizada, alrededor de las plantas a razón de 20 kg por Ha (Valiente 1997). Mientras en Panamá se aconseja aplicar Furadán 10G, a razón de 60-80 libras por Ha y Mocap (Ethoprop) 50% G, de 100 a 150 libras por Ha (Gratacós 1991).

5. REFERENCIAS

- Akem C, Ahmed S, Bayaa B, Bellar M, Trabulsi N 2000 Effect of soil solarization on populations of chickpea nematodes. *International Chickpea and Pigeonpea-Newsletter* 7:13-14
- Apt W Jr. 1976. Survival of reniform nematode in desiccated soils. *Journal of Nematology* 8(Abstract):278.
- Apt WJ, Caswell EP 1988 Application of nematicides via drip irrigation. *Annals of Applied Nematology* 2:1-10.
- Ayala A 1961 An analysis of the quantitative and qualitative composition nematode population in pineapple fields in Puerto Rico *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 65(4):265-29.
- Ayala A 1962 Pathogenicity of the reniform nematode on various hosts *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 46(2):73-82.
- Ayala A 1969. Nematode problems in Puerto Rican Agriculture. En: J. Abad Ramos (ed) Proc. of the symposium on tropical nematology. Agric. Exp. Sta Univ. of Puerto Rico, Rio Piedras. 135-145.
- Balasubramanian P, Ramakrishnan C. 1983 Resistance to the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis* in tomato. *Nematologia Mediterranea* 11:203-204.
- Bello A. 1998 Biofumigation and integrated crop management. En: Bello A, González JA, Arias M, Rodríguez-Kábana R (eds.) Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. DG XI,EU, CSIC, Madrid. 99-126.
- Bello A, López-Pérez JA, Díaz Viruliche LÑ, Tello J 2001 Alternatives to methyl bromide for soil fumigation in Spain. En: Labrada R, Fornasari L (eds.) Global report on validated alternatives to the use of methyl bromide for soil fumigation. *FAO plant production and protection paper* 166.

Bello A, López-Pérez JA, García-Alvarez A 2003 Biofumigación en agricultura extensiva de regadío CSIC-Caja Rural de Alicante, Mundi-Prensa, Madrid 670 pp.

Black RF 1962 Pineapple growth and nutrition over a plant crop cycle in south east queensland I. Root development and general growth features. *Queensland J. Agric. Sci.* 19(4):435-451.

Braga R, Labrada R, Fornasari L, Fratini N 2003 Manual para la capacitación de trabajadores de extensión y agricultores. Alternativas al bromuro de metilo para la fumigación de los suelos. FAO-PNUMA. 74 pp.

Brown PD, Morra MJ 1997 Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advan. Aron.* 61:167-231.

Brown PD, Morra MJ, McCaffrey JP, Auld DL, Williams III L 1991. Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. *Journal of Chemical Ecology* 17:2021-2034.

Brown RH 1987 Control strategies in low-value crops. En: Principles and practice of nematode control in crops. Brown RH, Kerry BR (eds.) Academic Press Sydney.

Byron J 2001 New tools, Methods needed to replace methyl bromide. *California Agriculture.* May-Jun. 55(3):10-11.

Calvet C, Estaún V, Camprubí A 1999 Perspectivas futuras para la micorrización de los frutales. *PHYTOMA España* 114:52-57.

Calvet C, Pera j, Barea JM 1993 Growth response of marigold (*Tagetes erecta* L.) to inoculation with *Glomus moseae*, *Trichoderma aureoviride* and *Pythium ultimum* in a perat-perlite mixture. *Plant and Soil* 148:1-6.

Campos N, Da Ponte JJ 1999 Efeito do sistema de plantio em camalhão e do consórcio com crotalaria spectabilis no controle de *Meloidogyne incognita* em quiabeiro *Nematologia Brasileira* 23(1):11-16.

Caswell EP, de Frank J, Apt WJ, Tang C-S 1991. Influence of nonhost plants on population decline of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 23:91-98.

Caswell ER, Sarah JL, Apt WJ 1990 Nematode parasites of pineapple. En: Bridge J, Luc M, Sikora RA (eds.) Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford, UK: CAB International.519-537.

Chellemi DO, Gullino ML, Katan J, Matta A 2000 Designing and implementing programmes for the management of soilborne pests and pathogens in field production systems. En: Gullino ML, Katan J, Matta A (eds.) Proceedings of the Fifth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation, Torino,

Italy, 11-15 September, 2000. *Acta Horticulturae* 532:231-236.

Chellemi DO, Olson SM, Mitchel DJ, Secker I, McSorley R, 1997 Adaptation of soil solarization to the integrated management of soilborne pest of tomato under humid conditions. *Phytopathology* 87:250-258.

Chitwood BG 1999 The english word "Nema" revised. *Nematology News Letter* Dec. 4(45): 1619.

Coppens d' Eeckenbrugge G, Cabral JRS, Carlier J, Duval MF, Ferreira FR, Leal F, Leitao J, Matos AP de, Noyer JL, Suarez Z 2000 The EU-funded project Evaluation and utilization of pineapple genetic resources from the Amazon to breed resistant varieties. En: Chairidchai P, Subhadrabandhu S (eds.) Proceedings of the Third International Pineapple Symposium *Acta Horticulturae* 529:169-172.

Costa D da C 2000. Nematoses. *Frutas do Brasil*. Abacaxi Fitossanidade EMBRAPA 9:41-47.

Costa D da C, Prata CH 2000. Nematóides e seu controle. *Frutas do Brasil*. Abacaxi Produção EMBRAPA 7:51-55.

Costa D da C, Sanches NF, Alves FR 1998b Estudo da interação *Pratylenchus brachyurus* e cochonilha em abacaxi cv. Pérola. *Nematologia Brasileira* 22(2):32-33.

Costa D. da Cuhna, Sanches NF, Santos JM dos. 1998a. Levantamento de fitonematoides associados ao abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 20(3):392-396.

De Vay JE, Garber RH, Roberts PA, Wakeman RJ, Jeffers DP 1985 Effect of soil solarization on soilborne populations of *Fusarium oxysporum* f sp *vasinfectum* and *Meloidogyne incognita* in relation to the incidence of Fusarium wilt of cotton plants 45th cotton disease council. Memphis, TN. p.36.

Dinardo-Miranda LL, Spironello A, Martins ALM 1997 Population dynamic of plant parasitic nematodes in area cultivated with pineapple. *Nematologia Brasileira*. 21(1):49-57.

Duncan LW, Noling JW, Barker KR, Pederson GA, Windham GL 1998 Agricultural sustainability and nematode integrated pest management. Plant and nematode interactions. Barker KR, Pederson GA (eds.) American Society of Agronomy; Madison; USA. 251-287.

Eno CF, Blue WG, Good JMJr 1955 The effect of anhydrous ammonia on nematodes, fungi, bacteria, and nitrification in some Florida soils. *Proc. Soil Science Society of America* 19:55-58.

Fassuliotis G, Skucas GP 1969. The effect of pyrrolizidine alkaloid ester and plants containing pyrrolizidine on *Meloidogyne incognita* acrita. *Journal of Nematology* 1: 287-288.

Fernández E, Hernández R, López M, Gandarilla H 1998 Nematodos parásitos del banano y plátano. Manejo y lucha biológica. *INISAV Boletín técnico* Cuba. 4(5):5-29.

FDA Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. 1992 Cultivo de piña. *Boletín Técnico* No.11. 19 pp.

Fortuner R, Geraert E, Luc M, Maggenti AR, Raski DJ 1988 A reappraisal of *Tylenchina* (Nemata). *Revue de nematologie* 170 pp.

Gamliel A 2000 Soil amendments: a non-chemical approach to the management of soilborne pest. En: Gullino ML, Katan J, Matta A (eds.) *Proceedings of the Fifth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation Acta Horticulturae* 532:39-47.

Gamliel A, Ginstejn A, Peretz Y, Kein L, Nacmias A, Tsrer L, Livescul, Katan J 1997 Reduced dosage of methyl bromide for controlling *Verticillium* wilt of potato in experimental and commercial plots. *Plant Dis.* 81:469-474.

Gamliel A, Stapleton JJ 1993 Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. *Plant disease* 77:886-891.

Gandoy P, Ortega J 1980 Nematodos parásitos del cultivo de la piña en Cuba y posibilidades de su control. *Ciencias de la agricultura* 7:19-28.

Gautam C, Srivastava AN, Sharma SB, Chawla G, Prasad D 2002 Ecology and management of plant parasitic nematodes En: *Crop pest and disease management: challenges for the millennium*. Puri SN (ed.) Jyoti Publishers & Distributors; Dehra Dun; India.

Gianessi LP, Silvers CS, Sankula S, Carpenter JE 2002. Plant Biotechnology: Current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture. An Analysis of 40 Case Studies. Nematode Resistant Pineapple. National Center for Food and Agricultural Policy NW Washington, E-mail: ncfap@ncfap.org Disponible en: Website: www.ncfap.org. June 8p.

Glass EH 1975 Integrated pest management: rationale, potential, needs and implementation. *Ento. Soc. Amer.* 75(Special):141.

Glynne MD 1965 Crop sequence in relation to soil-borne pathogens. En: Baker KF, Snyder WC (eds.) *Ecology of soil-borne plant pathogens, prelude to biological control*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles. 423-433.

Gnonhoury PG, Ouya A, Assienan B, Atse Y 2000 Resistance et tolerance de *Ananas comosus* vis-a-vis du nematode *Pratylenchus brachyurus* en Cote d'Ivoire. *Cahiers Agricultures*. 9(2):145-147.

Godfrey GH 1929. Some simple facts about the root knot nematodes *Pineapple News* 3:43-

44.

Godfrey GH 1936. The pineapple root system as affected by the root-knot nematode. *Phytopathology* 26:408-428.

Godfrey GH, Oliveira J 1932. The development of the root-knot nematode in relation to root tissues of pineapple and cowpea. *Phytopathology* 22:325-348

Gommers FJ, Bakker J 1988. Physiological diseases induced by plant responses or products. En: Poinar Jr. GO, Jansson H-B (eds.) Diseases of nematodes Vol. I CRC Press, Inc., Boca Raton. 3-22.

González K, Crozzoli R, Greco N 2001 Utilización de enmiendas orgánicas en el control de *Meloidogyne incognita* *Nematol. Medit.* 29:41-45.

Gratacós N 1991 Cultivo de la Piña. Manual técnico No.8. DINEXA. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá. p.10.

Grinstein A, Kritzman G, Hetzroni A, Gamliel A, Mor M, Katan J 1995 The border effect of soil solarization. *Crop Prot* 14:315-320.

Grinstein A, Orlon D, Greenberger A, Katan J 1979 Solar heating of soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus thornei* in potatoes. In soilborne plant pathogens Schippers P, Grans W. (eds.) London. Academic. 686 pp.

Huebner RA, Rodriguez-Kábana R, Patterson RM 1983 Hemicellulosic waste and urea for control of plant parasitic nematodes: effects on soil enzyme activities. *Nematropica* 13:37-45.

Hutchinson MT 1957 Preparation of soil prior to fumigation. Shell Nematology Workshop N.Y.

Jiménez N, Crozzoli R, Petit P, Greco N 2001 Nematodos fitoparasíticos asociados con el cultivo de la piña, *Ananas comosus*, en los estados Lara y Trujillo, Venezuela. *Nematologia Mediterranea* 29:13-17.

Katan J 1981 Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annu. Rev. Phytopathol.* 19:211-236.

Katan J 1999 The methyl bromide issue: problems and solutions. *J. Pl. Pathol.* 81:153-159.

Katan J 2000 Soil substrate disinfestation as influence by new technologies and constraints *Acta Horticulturae* 532:29-35.

Katan J, Greenberger A, Alon H, Grinstein A. 1975 Increasing soil temperature by mulching for the control of soilborne diseases. *Phytoparasitica* 3:59-70.

- Kéhé M, Gnonhoury PH, Adikoko A 1997 Evolution des infestations du synphyle *Hanssiella ivorensis* et du nématode *Pratylenchus brachyurus* sur ananas en Côte d'Ivoire Proc. 2nd Internat. Pineapple Symposium (eds.) Martin-Prével P, Hugon R. *Acta Horticulturae* 425:465-474.
- Kirkegaard JA, Sanwar M 1998 Biofumigation potential of brassicas: I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil* 201:71-89.
- Ko M, Schmitt D 1996 Changes in plant-parasitic nematode populations in pineapple fields following intercycle cover crops. *Journal of Nematology* 28:546-556.
- Lacoeuilhe JJ, Guérout R 1976 Action du nématode *Pratylenchus brachyurus* sur la croissance, la nutrition et les rendements de l'ananas 'Cayenne lisse'. Influence de la localisation de la fumure. *Fruits* 31(3):147-156.
- Lazarovits G, Conn KL, Potter J 1999 Reduction of potato scab, *Verticillium* wilt, and nematodes by soy meal and meat and bone meal in two Ontario potato fields. *Can. J. Plant Pathol.* 21:345-353.
- Lazzeri L, Manici LM 2000 The glucosinolate-myrosinase system: a natural and practical tool for biofumigation En: Gullino ML, Katan J, Matta A (eds.) Proceedings of the Fifth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation *Acta Horticulturae* 532:89-95.
- Leon L de, Banchero L, Lopez JA, Bello A 2000 Control de *Meloidogyne incognita* en cultivo de tomate en Uruguay. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas. España. 26(3):401-407.
- Malezieux E 2000 Global network for pineapple research *Acta Horticulturae* 529:35-47.
- Marban-Mendoza N, Zamuolo-Guzman V, Marroquín LM 1985 Nematode control by soil solarization in the highlands of Mexico. XII congreso nacional de fitopatología. Sociedad mexicana de fitopatología, Guanajuato, Mexico, Resumen 105.
- McSorley R, Parrado JL, Stall WM 1981. Aspects of nematode control on snap bean with emphasis on the relationship between nematode density and damage. Proceedings of *Florida State Horticulture Society* 94:134-136.
- MINAG 1989 Instructivo técnico para el cultivo de la piña. CIDA-MINAG. Cuba. p 42.
- Nasr EM, Akhiani A, Fatemi R, Hassan PH 2000 Soil solarization effects on soil-borne fungal diseases, nematodes and weeds in autumn cucumber fields. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 4(3):111-123
- Netscher C 1984 Control of *Meloidogyne incognita* in vegetable production by crop rotation in Ivory Coast. II International Symposium on Soil Disinfestation ISHS *Acta Horticulturae* 152.

- OIRSA-VIFINEX 1999 Enfermedades y nematodos asociados al cultivo de piña y su manejo. En: Manual Técnico Fitosanidad en Piña. Junio. Panamá.
- Oka Y, Chet I, Mor M, Spiegel Y 1997 A fungal parasite of *Meloidogyne javanica* eegs: evaluation of its use to control the root-knot nematode. *Biocon. Sci. Technol.* 7: 489-497.
- Oka Y, Chet I, Spiegel Y 1993 Control of the root knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Bacillus cereus*. *Biocon. Sci. Technol.* 3:115-126.
- Oka Y, Hinanit K, Meira BE, Mishael M, Sharon E, Ilan C, Spiegel Y 2000 New strategies for the control of plant-parasitic nematodes. *Pest Management Science.* 56(11):983-988.
- Osseni B, Sarah JL, Hugon R 1997 Effet du pH du sol sur le développement des populations de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) dans les racines d'ananas et sur la croissanc e et le rendement de la plante Proc. 2nd Internat. Pineapple Symposium Martin-Prével P, Hugon R (eds.) *Acta Horticulturae* 425:423-433.
- Petit P 1990 Reconocimiento de nematodos fitoparásitos asociados a frutales de importancia económica en Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 3(1):2-5.
- PGAH 1998 Pineapple Growers Association of Hawaii. Pesticide Environmental Stewardship Program Strategy, March. Disponible en: EPA Office of Pesticide Programs website: www.epa.gov/opbppd1/PESP/strategies/old_strategies/pgah.htm
- PGHAH. Pineapple Growers Association of Hawaii. Pesticide Environmental Stewardship Program Strategy, March, 1998. Disponible en: EPA Office of Pesticide Programs. website: www.epa.gov/opbppd1/PESP/strategies/old_strategies/pgah.htm
- Pinochet J, Calvet C, Camprubí A, Fernández C 1996 Interaction between migratory endoparasitic nematodes and arbuscular mycorrizal fungi impérenla crops: A review. *Plant and Soil* 70:323-329.
- Pokharel RR 2000 Effect of organic manures, fertilizers, and nematode [nematicide] on the control of root-knot nematode and yield in chickpea. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter* 7:18-19.
- Prasad D, Puri SN, Prasad D 2002 Crop pest and disease management: challenges for the millennium. En: Puri SN (ed.) Jyoti Publishers & Distributors; Dehra Dun; India.
- Pullman GS, De Vay JE, Elmore CL, Hart WH 1984 Soil solarization: a non chemical method for controlling diseases and pests. Leaflet 21377. Div. of Agri.v and Natural resources, Cooperative Extension, University of California, CA 8pp.
- Py C 1969 La piña tropical. 1ra Ed. Editorial Blume, Barcelona. España 267 pp.
- Radewald JD, Takeshita G 1964. Desiccation studies on five species of plant-parasitic nematodes of Hawaii. *Phytopathology* 54:903-904.

- Rahman A, Katan J 1986 Control of Verticillium wilt and root rot nematodes in eggplant B&C Test p.9.
- Ramírez-Villapudua JR 1996 La solarización del suelo: Un método sencillo para controlar patógenos y malas hierbas. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México. 68pp.
- Rebois RV, Epps JM, Hartwig EE 1970. Correlation of resistance in soybeans to Heterodera glycines and Rotylenchulus reniformis. *Phytopathology* 60:695-700.
- Renaud J 1985 Consideraciones sobre Pratylenchus, Filipjev, 1936 (Nematoda: Pratylenchidae), contribución al conocimiento de especies encontradas en Venezuela. Universidad Centro occidental Lisando Alvarado. Decanato de Agronomía. Postgrado de Fitopatología. Trabajo de ascenso. 83p.
- Rice EL 1984. Allelopathy, Academic Press, Inc, Orlando.
- Robinson AF, Inserra RN, Caswell-Chen EP, Vovlas N, Troccoli A 1997. Rotylenchulus species: Identification, distribution, host ranges, and crop plant resistance. *Nematropica* 27:127-180.
- Rodríguez-Kábana R, Boube D, Young RW 1990 Chitinous materials from blue crab for control of root-knot nematode. II. Effect of soybean meal. *Nematropica* 20:153-168.
- Rodríguez-Kábana R, Calvet C 1994 Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edáfico. *Fitopatologia Brasileira* 19:129-138.
- Rohrbach K, Apt W 1986 Nematode and disease problems of pineapple. *Plant disease* 70: 81-87.
- Roman J 1978. Fitonematología Tropical. Univ. Puerto Rico. Agric. Exp. Sta. Río Piedras. 256 pp.
- Roman J. 1964. Immunity of sugarcane to the reniform nematode. *Journal of Agriculture*, University of Puerto Rico 48:162-163.
- Sánchez M 1983. Plagas y enfermedades de los frutales. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 102-103.
- Salles LA 2001 Effective alternatives to methyl bromide in Brasil. En: Labrada R, Fornasari L (eds.) Global report on validated alternatives to the use of methyl bromide for soil fumigation. *FAO plant production and protection paper* 166:13-24.
- Sarah J 1990 Pest damaging pineapple roots. Tropical and Subtropical Fruits. *Acta Horticultura* 275:671-677.
- Sasser JN 1989 Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. North Carolina State

University, USA 115 pp.

Schomaker CH, Been TH 1998 The seinhorst research program. *Fundam. Appl. Nematol.* 21:437-458.

Sharon E, Bar-Eval M, Kleifeld O, Mor M, Chet I, Spiegel Y 1998 Biological control of *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma* preparations: mode of action. *Nematropica* 44:581.

Siddiqi MR 1986 Tylenchida. Parasites of plants and insects. Commonwealth Institute of Parasitology. 645 pp.

Sipes BS 1996 Control of *Rotylenchulus reniformis* in Pineapple with Fosthiozate *Fruits* 51(3):173-177.

Sipes BS, Schmitt DP 1994 Population Fluctuations of *Rotylenchulus reniformis* in Pineapple Fields and the Effect of the Nematode on Fruit Yield *Plant Disease* 78(9):895-898.

Sipes BS, Schmitt DP 1995 Evaluation of Ethoprop and Tetrathiocarbonate for Reniform Nematode Control in Pineapple, Supplement to the *Journal of Nematology* 27(4S):639-644.

Sipes BS, Schmitt DP 1996 Control of *Rotylenchulus reniformis* on Pineapple with Emulsifiable 1,3-Dichloropropene *Plant Disease* 80(5):571-574.

Sipes BS, Schmitt DP 2000 R. *reniformis* damage thresholds on pineapple *Acta Horticulturae* 529:239-245.

Siti E, Cohn E, Katan J, Mordechai M 1982 Control of *Ditylenchus dipsaci* in garlic by bulb and soil treatments. *Phytoparasitica* 10:93-100.

Spiegel Y, Chet I 1998 Evaluation of *Trichoderma* spp. as a biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. *Integ. Pest Mang. Rev.* 3:1-7.

Spiegel Y, Chet I, Cohn E 1987 Use of chitin for controlling plant parasitic nematodes. II. Mode of action. *Plant and Soil* 98:337-345.

Spiegel Y, Cohn E, Galper S, Sharon E, Chet I 1991 Evaluation of newly isolated bacterium, *Pseudomonas chitinolytica* sp. nov. for controlling the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Biocon. Sci. Technol.* 1:15-125.

Stapleton JJ, De Vay JE 1983 response of phytoparasitic and free living nematodes to soil solarization and 1,3-Dichloropropene in California. *Phytopathology* 73:1429-1426.

Stapleton JJ, DeVay JE, Lear B 1991 Simulated and field effects of ammonia-based fertilizers and soil solarization on pathogen survival, soil fertility and crop growth. En: De Vay JE, Stapleton JJ, Elmore CL (eds.) Soil solarization. Proc. 1st Int. Conf. Soil solarization, Aman Jordan p.331-342

Starr JL, Page SL 1990. Nematode parasites of cotton and other tropical fiber crops. En: Luc M, Sikora RA, Bridge J (eds.) Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, Oxon, UK.539-556 .

Stirling GR, Kopittke R 2000 Sampling procedures and damage thresholds for root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on pineapple. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40(7):1003-1010.

Suárez Z 1977 Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en el cultivo de la piña en Venezuela. Datos preliminares. Novenas Jornadas Agronómicas. Resúmenes. Maracay, Octubre 12-15. p.84.

Suárez Z, Rosales LC 1998 Nematodos asociados a los frutales de importancia y su control. II: frutales anuales. 1998 *FONAIAP Divulga*. 60:38-41.

Tanji E 2000 Researchers seek ways to control tiny worms. Hawaii pacific University. Advertiser Maui County Bureau. The Honolulu Advertiser.com. Division of Gannett Co. Inc. Monday, February 28.

Tarjan AC 1967 Some plant nematode genera associated with citrus and other crops in Costa Rica and Panamá. *Turrialba* 17(3):280-283.

Tarté R 1970 Reconocimiento de nematodos asociados con diversos cultivos en Panamá. *Turrialba* 20(4):401-406.

Taylor AL, Sasser JN 1983 Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (Especies de *Meloidogyne*). Universidad del Estado de Carolina del norte. Estados Unidos 111pp.

Thamsurakul S, Nopamonbodi O, Charoensook S, Roenrungrong S 2000 Increasing pineapple yield using VA micorrizal fungi. En: Chairidchai P, Subhadrabandhu S (eds.) Proceedings of the Third International Pineapple Symposium *Acta Horticulturae* 529:199-202.

U.S. AgBiotech Patents 2000: Compositions and Methods for Genetic Transformations of Pineapple, AgBiotech Reporter, November.

USDA 2000. Crop Profile for Pineapples in Hawaii. Disponible en: <http://pestdata.ncsu.edu/cropprofiles/docs/hipineapples.html>

Valiente AR 1997 Nematodos asociados con el cultivo de la piña. ABC Color Rural, Asunción, Paraguay. Agosto 15 p.5.

Vannaci G, Gullino ML 2000 Use of biocontrol agents against soil-borne pathogens: Results and limitations. En: Gullino ML, Katan J, Matta A (eds.) Proceedings of the Fifth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation

Acta Horticulturae. 532:79-87.

Villeneuve F, Lepaumier B 2000 Biofumigation, first results on lettuce in protected culture. En: Gullino ML, Katan J, Matta A (eds.) Proceedings of the Fifth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation, *Acta Horticulturae* 532:65-70.

Wang H, Chang S, Huang CC 1960 A soil conservation experiment, on sloping orchard of pineapple. *Rep. Taiwan Agric. Res. Int.* 9:4.

Wang K-H 2001 University of Florida. May, disponible en:
http://creatures.ifas.ufl.edu/nematode/r_reniformis.htm

Wang K-H, Sipes BS 2000 Suppression of reniform nematodes with tropical cover crops in Hawaii pineapple. En: Subhadrabandhu S, Chairidchai P (eds.) Proceedings of the Third International Pineapple Symposium *Acta Horticulturae* 529:247-260.

Wang K-H, Sipes BS, Schmitt DP 2002a. Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. *Nematropica* 32:35-37.

Wang K-H, Sipes BS, Schmitt DP 2002b. Management of *Rotylenchulus Reniformis* in pineapple, *Ananas comosus*, by intercycle cover crops. *Journal of Nematology* 34(2):106-114.

Wang K-H, Sipes BS, Schmitt DP 2002c. Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus*, and *Tagetes erecta*. *Nematropica* 31:237-251.