

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**ESPECIES IMPORTANTES DEL GENERO *Meloidogyne***

**POR.**

**LEONEL GREGORIO CINCO MIGUEL**

**MONOGRAFÍA.**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,**

**Diciembre del 2001.**

## DEDICATORIAS

A mis padres. Al Sr. Leonel Cinco y Sra. Yolanda Miguel, les agradezco por el apoyo que me han brindado, durante el transcurso de mis estudios hasta terminar mi carrera.

A mi hermano. Alex por darme apoyo moral y todas aquellas palabras de animo.

A mis tías. A Maritte, Dora Isabel, Susana Oyuki y Antonio les doy las gracias por apoyarme toda la formación de mis estudios y por brindarme apoyo.

A mis abuelos. Al Sr. Francisco y Sra. Hilda a ellos por darme las fuerzas de animo con sus lindas palabras de animo.

A mi Novia. A la Señorita. Teresa Ortiz Alvarez, le agradezco por darme el apoyo en momentos difíciles y por aguantar la distancia.

A mis amigos. A la señora Martha Hernández Burrelcava, Norbel Velázquez Díaz, Juan Carlos Altuzar Molina, Yolanda Jiménez, Ramferi López Hernández, Tereso Soto Hernández, Alvaro Torres, Carlos Ríos, Félix Rasgado Madrid, les agradezco por el apoyo moral que me brindaron.

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS. Por ser el creador, por darme las fuerzas, para lograr mis objetivos sobre todo para terminar mi carrera, también por darme buena salud y vida.

D.r. Melchor Cepeda Siller. Por ser una persona de trabajo le agradezco y a quien le debo parte de este trabajo y por darme confianza y a poyo que me brido.

D.r. Jesús García Camargo. Le agradezco por el apoyo que me brindo.

D.r. Gabriel Gallegos Morales. Por darme seguridad en el trabajo.

AMI ALMA TERRA MATER. Le agradezco por brindarme la oportunidad de ser alguien en la vida.-

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISION DE AGRONOMIA**

**ESPECIES IMPORTANTES DEL GENERO *Meloidogyne***

**Por**

**Leonel Gregorio Cinco Miguel**

**MONOGRAFIA**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.**

**Aprobado**

---

**El presidente del jurado  
DR. Melchor Cepeda Siller**

---

**Sinodal  
DR. Gabriel Gallegos Morales**

---

**Sinodal  
DR. Jesús García Camargo**

**El Coordinador de la División de Agronomía**

---

**MC. Reynaldo Alonso**

**Buenavista, Saltillo, México. Diciembre de 2001.**

INDICE	Pags
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>El Nematodo Agallador <i>Meloidogyne spp.</i></b> .....	<b>3</b>
Antecedentes históricos.....	3
Clasificación taxonómica.....	4
Especies y razas fisiológicas.....	5
Descripción y diagnóstico.....	6
Morfología y anatomía de <i>M. incognita</i> .....	7
Hembra.....	8
Macho.....	9
Juveniles en J2.....	9
Identificación de juveniles.....	10
Identificación de <i>Meloidogyne</i> mediante (PCR).....	11
Ciclo biológico.....	12
Etapa preinfectiva.....	13
Etapa parasítica.....	13
Fase adulta.....	14
Ecología.....	15
Efecto de temperatura del suelo.....	16
Humedad y textura del suelo.....	16
Aireación y pH del suelo.....	17
Alimentación.....	17
Comportamiento.....	17
Distribución geográfica de <i>M. incognita</i> .....	18
Perdidas económicas causadas por <i>M. incognita</i> en papa.....	18
Efecto de <i>Meloidogyne spp.</i> sobre el desarrollo de las plantas...	19
Métodos de control de <i>M. incognita</i> .....	20
Cultural.....	21
Legal.....	22
Biológico.....	23
Bacterias.....	23
Nematodos depredadores.....	23
Hongos antagónicos.....	24
Químico.....	25
Nematicidas fumigantes.....	26
Nematicidas no fumigantes.....	27
Descripción de lagunas investigaciones para el control químico del nematodo agallador.....	28
Integrado.....	30
Solarización.....	30
Alternativas de manejo mediante extractos vegetales.....	31
<b>El Nematodo Agallador de Columbia <i>Meloidogyne chitwoodi</i></b> .....	<b>32</b>
Clasificación taxonómica.....	32
Distribución mundial.....	32

Ciclo biológico de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> .....	33
Ciclo de vida pre parasítico.....	33
Ciclo de vida parasítico.....	34
Penetración en las raíces.....	34
Desarrollo de estadios parasíticos.....	34
Morfología y anatomía.....	35
Reproducción y potencial biótico.....	36
Duración del ciclo de vida.....	38
Descripción del daño y formas de ataque.....	38
Forma de dispersión.....	40
Muestreo y detección.....	40
Tipos de muestreo.....	40
Inspección visual de campo.....	40
Muestreo de suelo.....	41
Área cuarentenada.....	41
Muestreo de verificación.....	42
Tipos de actividades.....	43
Calendarización de actividades.....	43
1ª. Etapa: Cuatro meses antes de la siembra.....	43
2ª. Etapa; Tres meses antes de la siembra.....	44
3ª. Etapa: Dos meses antes de la siembra.....	44
4ª. Etapa: Un mes antes de la siembra.....	44
5ª. Etapa: Siembra.....	44
6ª. Etapa: 60 días después de la siembra.....	45
7a. Etapa: 40 días antes de la cosecha.....	45
8ª. Etapa: Post cosecha.....	45
Control de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> .....	45
Químico.....	46
Biológico.....	46
Extractos vegetales.....	47
Integrado.....	47
Criterios para la selección de métodos de control.....	47
Cuantificación.....	48
<b><i>Meloidogyne fallax</i></b> .....	<b>48</b>
Distribución.....	<b>50</b>
Clasificación taxonómica.....	<b>50</b>
Identificación.....	<b>51</b>
Biología.....	<b>52</b>
Morfología.....	<b>52</b>
Impacto económico.....	<b>54</b>
Ciclo biológico.....	<b>55</b>
Ciclo de vida parasítico.....	<b>55</b>
a).- La penetración en las raíces.....	<b>55</b>
b).- Desarrollo de estadios parasíticos.....	<b>56</b>
Métodos de control.....	<b>57</b>

Cultural.....	57
<b>Nematodo Agallador <i>Meloidogyne javanica</i>.....</b>	<b>58</b>
Antecedentes históricos.....	58
Distribución.....	59
Clasificación taxonómica.....	59
Morfología.....	59
Ciclo de vida.....	60
Control de <i>Meloidogyne javanica</i> .....	62
Solarización.....	62
Rotación de cultivos.....	63
Físico.....	63
Químico.....	64
Biológicos.....	64
Extractos vegetales.....	65
<b>Nematodo Agallador, <i>Meloidogyne hapla</i>.....</b>	<b>65</b>
Antecedentes históricos.....	65
Clasificación taxonómica.....	66
Distribución geográfica.....	67
Morfología.....	67
Síntomas.....	68
Ciclo biológico.....	69
Métodos de control para <i>Meloidogyne hapla</i> .....	71
Cultural.....	71
Barbecho.....	71
Físico.....	72
Solarización.....	72
Químico.....	72
<b><u>Meloidogyne arenaria</u>.....</b>	<b>73</b>
Importancia económica.....	73
Clasificación taxonómica.....	74
Ciclo de vida.....	74
Morfología e identificación.....	76
Métodos de control.....	76
Físico.....	77
Culturales.....	77
Químico.....	78
<b><u>Meloidogyne exigua</u>.....</b>	<b>79</b>
Distribución.....	79
Clasificación taxonómica.....	80
Morfología.....	80
Descripción y daño.....	81
Métodos de control.....	82

Legal.....	82
Físico.....	82
Cultural.....	82
Biológico.....	83
Químico.....	84
<b><i>Meloidogyne graminicola</i>. Golden &amp; Birchfiel. 1968.....</b>	<b>84</b>
Clasificación taxonómica.....	85
Distribución.....	86
Síntomas y daños.....	86
Métodos de control.....	87
Rotación de cultivos.....	87
Control químico.....	88
<b><i>Meloidogyne nassi</i>.....</b>	<b>88</b>
Distribución.....	89
Clasificación taxonómica.....	89
Síntomas.....	90
Biología.....	90
Influencias del ambiente.....	91
<b>Bibliografía.....</b>	<b>93</b>

## INTRODUCCIÓN

El primer reporte de *Meloidogyne* se descubrió en un invernadero en Inglaterra en 1855 cuando se estudiaban partes de raíces en plantas de pepino, la enfermedad de estas plantas es conocida como nódulos radiculares producida por nematodos.

Los nematodos agalladores son organismos nocivos y destructivos para la agricultura, ya que tienen amplio rango de hospederos y atacan a cultivos de importancia económica.

La Fitonematología, es la ciencia que estudia a los nematodos, en relación con las plantas y su combate; esta ha tomado mayor importancia en los últimos años, debido a la necesidad de estudios y controles en cultivos de mayor incidencia y severidad.

Los nematodos son organismos microscópicos cuyo tamaño es de 0.5 a 3.0 mm, es la razón principal por lo que tenemos que usar el microscopio estereoscópico y compuesto para observar e identificar.

Las especies de *Meloidogyne* conforma, una parte del Phylum Nematoda, pertenecen a la Clase Secernenta, Orden Tylenchida, Superfamilia Heteroderoidea, Familia Heteroderidae; Estas especies que son de mucha importancia en los cultivos que afectan, tanto a nivel nacional como internacional. Existen zonas carentes para evitar la diseminación interior del país como también la entrada de patógenos que se encuentran en México. En esta investigación bibliográfica se describen algunas especies que se

presentan en el cultivo de la papa como: *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne chitwoodi*, *Meloidogyne fallax*, *Meloidogyne hapla*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria*. En el cultivo del cafeto existen especies muy importantes como *Meloidogyne exigua*, que se describe en el presente documento. El objetivo de la presente investigación bibliográfica se fundamenta, en la importancia que presenta en la actualidad el nematodo agallador *Meloidogyne ssp*, a nivel nacional e internacional, por lo que la confirmación aporta información técnica cuantífica, que a la institución de enseñanza superior, centro de identificación productiva agrícola y toda aquella persona que tenga interés en el estudio de este importante nematodo.

## LITERATURA REVISADA

### El Nematodo Agallador *Meloidogyne spp.*

Dado que el nematodo Agallador *Meloidogyne spp.* ha ocasionado pérdidas considerables en algunos lotes de producción comercial y ha impedido el establecimiento de lotes de producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*) en Nuevo León y otros estados de la Republica Mexicana, por lo que se hace necesario el conocimiento más exhaustivo de su biología y características epifitológicas y etiológicas del género con la finalidad de un manejo adecuado (Cepeda, 1996).

De aquí la importancia del cultivo para las regiones productoras de México, sin embargo una severa limitante a su producción y a su venta como semilla, la constituye la presencia de los nematodos de los cuales poca información básica y aplicada se ha generado con la finalidad de reducir sus daños y su dispersión (Cepeda, 1996).

#### **Antecedentes históricos.**

El primer reporte que se conoce del género *Meloidogyne* fue hecho por Berkeley en 1855, de especímenes recolectados en invernaderos de Inglaterra (Christie 1976). En 1949 Chitwood, citado por Taylor y Sasser (1983) y Brodie (1984) describió las cuatro especies de *Meloidogyne* más comunes y

ampliamente distribuidas en la actualidad: *M. incognita* , *M. javanica* , *M. hapla* y *M. arenaria*. A la vez Winslow y Willis (1972) y Hooker (1986), señalan también a *M. acrita* , *M. ethiopica* , *M. africana* , *M. thamesi* y *M. chitwoodi* ; Triantaphyllou y Hessey (1973), han reportado la dificultad para identificar las especies y razas de *Meloidogyne*, señalando que los estudios morfológicos y anatómicos no han sido suficientes para explicar las relaciones dentro del género y que la caracterización morfológica de los individuos descritos no han proporcionado una definición objetiva de lo que constituye una especie dentro del mismo género. La identificación de las especies del nematodo agallador se basa en los patrones perineales y se complementa con la descripción de más de 140 características diferentes que presenta estos nematodos durante su ciclo biológico (Aguilar, 1997).

#### **Clasificación taxonómica.**

Según Maggenti et al. (1987), el nematodo agallador de la papa pertenece a las siguientes taxas:

Phylum.... Nematoda (Rudolphy, 1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)

Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)

Familia.... Heterodiridae (Filip'eu y Schourmans Stekhoven, 1941)

Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)

Género.... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)

## **Especies y razas fisiológicas.**

Respecto a la taxonomía de *Meloidogyne*, Franklin (1962) ha listado 36 especies que fueron identificadas mediante rasgos morfológicas de las hembras y machos adultos, así como por los estadios juveniles de ambos sexos. En 1984 se habían reportado 54 especies pertenecientes a este género, número que aumento aproximadamente a 60 ( más subespecies) (Hirschmann, 1985). Posteriormente se han listado 68 especies del nematodo agallador pero sólo pocas de ellas causan serios problemas en el cultivo de la papa (Luc et al. 1988; Mac Guidwin, 1993).

La posibilidad de la existencia de razas fisiológicas dentro de una especie dada de *Meloidogyne* no debe descartarse al realizar una caracterización taxonómica de una población de nematodos agalladores. Dropkin (1989), comenta al respecto que una raza fisiológica de un organismo es una población de una especie, de diferente origen geográfico y hábitat, que presenta diferencias en su biología o en su capacidad patogénica sobre determinadas hospederas con respecto a otra población de la misma especie. En el caso de nematodos fitoparásitos también se debe entender como una población que se distingue de otras de la misma especie por su capacidad de reproducirse en algunos miembros de un conjunto de hospederos usados como discriminadores de una prueba estándar, conocidas como variedades u hospederas indicadoras o diferenciales. Estas diferenciales fisiológicas, expresadas como variación de patogenicidad dentro y entre poblaciones es

común en los nematodos fitoparásitos, se dan especialmente entre poblaciones de diferente origen geográfico y son el resultado de la selección genética debido a factores ambientales específicos (Cepeda, 1996).

### **Descripción y diagnóstico**

*Meloidogyne incognita* se reproduce básicamente por partenogénesis mitótica con dos formas citológicas, de las cuales la más común es la forma triploide,  $3N= 40- 46$ . La forma de la maduración de los oocitos constituye una característica citológica única que permite diferenciarla del resto de las especies.

*Meloidogyne incognita* es un parásito obligado, lo que significa que requiere de una planta hospedera para llevar a cabo su ciclo de vida. Ataca a cientos de plantas de interés comercial y causa pérdidas cuantiosas en la agricultura a nivel mundial. Diversos trabajos han demostrado la relación sinérgica entre *incognita* y otros patógenos de suelo, tales como hongos y bacterias, en el incremento de la enfermedad. En muchos casos, esta relación causa daños devastadores en el cultivo, y el diagnóstico a nivel de campo se dificulta por tratarse de complejos de la enfermedad (Aguilar, 1997)

## **Morfología y anatomía de *M. incognita***

La morfología y la anatomía son dos aspectos fundamentales tanto para la identificación de la especie de *Meloidogyne* como para la comprensión de sus funciones fisiológicas. La forma de los nematodos agalladores cambia durante su ciclo de vida. El primer estadio juvenil se forma al final de la embriogénesis e inmediatamente muda dentro del huevo, pasando a juvenil de segundo estadio o “estado infectivo”, llamado así por que es el único capaz de penetrar en la raíz de la planta hospederas.

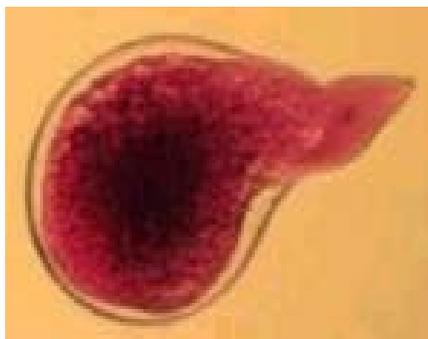
En esta etapa se considera al nematodo como un ecto y endoparásito migratorio y su longitud es de unas 400 micras y 15 micras de ancho en promedio (Aguilar, 1997).

Los nematodos adultos de género *Meloidogyne* presentan dimorfismo sexual, el macho es filiforme y se considera como ecto y endoparásito migratorio; mide de 1400 micras de largo y 390 micras de ancho en promedio, la hembra se en grossa en forma de pera o limón y se encuentra en las raíces de las plantas, embebida o herida como endoparásito o semiendoparásito, mide 635 micras de largo y 330 micras de ancho en promedio, su cutícula está finamente estriada y adopta un modelo característico en la región perineal el cual permite diferenciar a las especies, (Esser et al. ,1976; Eisenback, 1985).

## Hembra.-

El cuerpo tiene forma de pera, la parte posterior es globosa y el cuello se proyecta anteriormente en línea con el final de la cola. Longitud entre 510 y 690  $\mu\text{m}$ , ancho de 300 a 430  $\mu\text{m}$ . Las hembras están embebidas completamente en el tejido radical, mientras que las masas de huevos se abren paso y sobresalen de la agalla. El patrón perineal presenta un arco dorsal (Fig.1) alto con estrías que varían de lisas a onduladas. Algunos patrones perineales muestran un arco dorsal más bajo, mientras que otros presentan indicaciones de alas laterales. Algunas estrías también pueden estar curvadas hacia la vulva; el estilete mide de 15 a 17  $\mu\text{m}$  de largo, el cono es afilado y claramente curvado dorsalmente y la columna es ligeramente más ancha en su base. Los nódulos del estilete se encuentran claramente separados de la columna. La abertura de la glándula dorsal esofágica (AGDE) está a una distancia de 2 a 4  $\mu\text{m}$  posterior a la base de los nódulos.

Fig.1. Diseño de una hembra de *M. incognita*.



**Macho.-**

Longitud entre 1.2 y 2.0 mm; presenta una cabeza muy característica. Presenta un disco labial grande, redondeado y cóncavo que sobresale de los labios medios. Carece de labios laterales, aunque en algunas poblaciones se presentan bien desarrollados. La región cefálica usualmente está subdividida por anulaciones incompletas, cuyo número varía dentro y entre poblaciones. El estilete varía en longitud de 23 a 25  $\mu\text{m}$ ; la punta es roma y aplanada lateralmente. La columna es cilíndrica, pero generalmente es más angosta cerca de los nódulos del estilete, los cuales se encuentran claramente separados de la columna. Los nódulos varían en tamaño y forma entre las distintas poblaciones, y pueden ser desde pequeños y redondos hasta grandes y elongados. La AGDE se encuentra a una distancia de 2 a 4  $\mu\text{m}$  posterior a la base de los nódulos.

**Juveniles en segundo estadio(J2):**

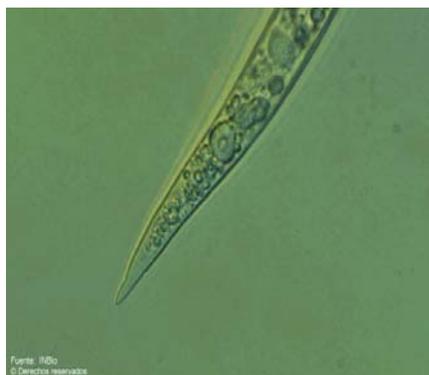
Longitud total promedio de 405  $\mu\text{m}$ , aunque puede variar de 346 a 463  $\mu\text{m}$ . El disco labial y los labios medios se encuentran fusionados y forman una estructura continua y elongada muy característica cuando es observada en posición frontal. La región anterior de la cabeza es aplanada y la estructura cefálica puede ser lisa o bien tener de 1 a 3 anulaciones completas o incompletas. La longitud del estilete es de 10 a 12  $\mu\text{m}$ . Los nódulos del estilete

son prominentes, redondeados posteriormente y claramente separados de la columna. En sentido posterior, tanto el ancho del cono como el de la columna aumenta gradualmente. La abertura de la glándula dorsal esofágica (AGDE) está situada a una distancia de 2 a 3  $\mu\text{m}$  posterior a la base de los nódulos. Otras medidas diagnósticas útiles son la longitud promedio de la cola, de 52  $\mu\text{m}$ , y la región hialina de la cola (terminus), de 9  $\mu\text{m}$ . En las fotografías se encuentran las siguientes posiciones de los nematodos (fig. 2- 3), (Internet)

Fig. 2. Microfotografía *Meloidogyne incognita* de la región anterior de (J2)



Fig. 3. Microfotografía de la región posterior de un juvenil (J2) de *Meloidogyne incognita*.



## **Identificación de juveniles.**

Los juveniles pueden ser detectados en muestras de suelo tomadas con pala, o con barreno en la rizósfera de plantas susceptibles; sin embargo, por tratarse de nematodos endoparásitos, las mayores densidades se encuentran en muestras de raíces. El punto específico para la recolección es el área de mayor desarrollo radical de la planta, en los lomillos (surcos) para plantas anuales y en la zona de goteo para cultivos perennes. En general, los muestreos entre los 15 y 30 cm. de profundidad son adecuados para la determinación de este nematodo.

## **Identificación de *Meloidogyne* mediante (PCR).**

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) es un método muy sensible que permite distinguir distintas especies de *Meloidogyne*. Ha sido probado eficientemente para discriminar entre *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. hapla* y *M. chitwoodi*. Dada la sensibilidad de esta prueba, es posible amplificar el ADN a partir de un solo juvenil en segundo estado (J2). *M. incognita* y *M. javanica* producen un fragmento de 1.7 –kb; posteriormente, la digestión de los productos amplificados mediante endonucleasas permite la separación de las dos especies (Internet).

Fig. 4 Diseño perineal de una hembra de *M. incognita*.



### **Ciclo biológico.**

En el cultivo de la papa el número anual de generaciones de *M. incognita* varía de acuerdo a la temperatura y humedad; bajo regiones de temperaturas de 26<sup>o</sup> a 31<sup>o</sup> C el ciclo vital puede cumplirse en cuatro o seis semanas. En este lapso el nematodo pasa por distintas etapas de desarrollo que están asociadas también con su comportamiento infectivo (Agris, 1985).

El ciclo de vida de todas las especies de *Meloidogyne* esencialmente el mismo (Brodie, 1984), se inicia en un huevo (ovoide – alargado cerca de dos veces más largo que ancho) en estado unicelular, que es depositado por la hembra en el suelo en forma libre o embebidos en una estructura que consiste en una matriz gelatinosa. Esta estructura puede estar adherida a los tejidos de la raíz de la planta o a la hembra, la cual produce de 500 a 1000 huevos (Guiran; Ritter, 1979; Taylor y Sasser, 1983; Brodie, 1984).

### **Etapa preinfectiva.**

El desarrollo del cigoto empieza pocas horas después de la oviposición, hasta que se observa el primer estado larvario o juvenil completamente desarrollado dentro del huevo con un estilete móvil y visible. En estas condiciones el juvenil puede tener cierta movilidad dentro del huevo. Dentro del mismo huevo tiene lugar la primera muda, (Guiran; Ritter, 1979; Taylor y Sasser, 1983; Brodie, 1984).

### **Etapa parasítica.**

Aproximadamente 10 días después de la oviposición tiene lugar la ecdisis del huevo y si las condiciones ambientales son favorables ocurre una muda que da lugar a segundo estadio larval o segundo juvenil (Brodie, 1984), y sólo hasta que ocurre la ecdisis o ruptura del huevo, los individuos del segundo estadio que dan libre en el suelo.

La infectividad del juvenil de segundo estadio esta en función de la temperatura ambiental, aireación, humedad densidad del suelo y la distancia entre el juvenil y la raíz (Griffin y Jorgenson, 1979; Taylor y Sasser, 1983). En esta etapa puede entrar a la raíz (Brodie, 1984), principalmente cerca de la porción distal (zona de actividad meristemática) moviéndose principalmente entre las células no diferenciadas de la misma hasta que introduce su cabeza en el cilindro central de la planta. Estos juveniles inducen la formación de

células gigantes de las cuales continúan alimentándose, a través de su estilete, con el que perforan la pared de las células e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas. Dichas secreciones causan agrandamiento (hipertrofia) de las células en el cilindro vascular y aumentan la proporción de la división celular (hiperplasia) en el pericilo, resultando la formación de células gigantes. Al mismo tiempo se observa una intensa multiplicación de las células vegetativas (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva, lo que se manifiesta como un engrosamiento de la raíz o tubérculo para formar agallas conspicuas (Guiran y Ritter, 1979).

Cuando se completa la segunda y tercera muda en las hembras juveniles de tercer y cuarto estadio respectivamente, el estilete y el bulbo medio esofágico desaparecen (Taylor y Sasser: Mai et al. 1973).

### **Fase adulta.**

Después de la cuarta muda, en ambos sexos el estilete y el bulbo medio son regenerado y en la hembra se forma un útero, la vagina y el patrón perineal que se hace visible. En los machos después de la segunda muda y tercera muda el estilete no es muy visible, el bulbo medio se ha degenerado y sólo las gónadas se han alargado, se completa con el estelite, esófago, bulbo medio, espículas y espermatozoides en lo testículos de lo machos (Taylor y Sasser, 1983; Hirschman, 1985).

Estudios citológicos han demostrado que muchas especies del género, *Meloidogyne* se reproducen por partenogénesis, como en el caso de *Meloidogyne incognita*, el sistema reproductivo de esta hembra consiste de dos ovarios, cada uno con una zona germinal, zona de crecimiento, oviducto, espermateca y útero; los huevos pasan a través de la vagina y son depositados en estado unicelular en la masa de huevos; a esta reproducción se le llama partenogénica (mitótica) y de esta manera se conserva el número diploide de cromosomas, (Taylor y Sasser, 1983; Hirschman, 1985).

### **Ecología.**

La especie *M. incognita* representa alrededor del 52% de las especies de *Meloidogyne* que fueron recolectadas en 1981 por el proyecto Internacional de *Meloidogyne* reportadas por Eisenback et al. (1981). Esta se presenta en una área geográfica más amplia que las otras especies aproximadamente desde 40 grados de latitud Norte hasta los 33 grados de latitud Sur, en especial en donde el promedio anual de temperatura es de 18 a 30°C, siendo mayor la prevalencia en áreas donde predomina un rango de temperatura de 24 y 27°C (Hooker, 1986). La mayoría de los individuos de una población se distribuyen a una profundidad de suelo entre 5 a 30 cm decreciendo paulatinamente su densidad hasta los 100 cm. Existen reportes de *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de vid, se encontró a 5 m de profundidad (NAS, 1978).

### **Efecto de temperatura del suelo.**

La temperatura afecta la producción, desarrollo y supervivencia de los huevos de nematodo agallador, determinando así su localización y el grado de parasitismo sobre las plantas. Esta especie no sobrevive en suelos con temperatura menores de 10<sup>0</sup> C y se restringen altitudes por debajo de lo 200 msnm (Griffin y Jorgenson, 1979).

### **Humedad y textura del suelo.**

La fluctuación de la humedad del suelo debido a las lluvias o a la irrigación es el factor más importante para la dinámica poblacional de *M. incognita*. El exceso de humedad propicia la carencia de oxígeno en el suelo e incrementa las toxinas de los microorganismo anaeróbicos y por el contrario, la ausencia de humedad adecuada en el suelo o la desecación conduce a la inactividad y muerte de esta especie, por lo que las investigaciones han comprobado que la especie es más activa en suelos con niveles de humedad entre 40 y 60 % de su capacidad de campo (Griffin y Jorgenson, 1979; Jatala, 1986). El factor humedad, la actividad y los movimientos del nematodo en el suelo para alcanzar la raíz se encuentran relacionados con la porosidad y tamaño de las partículas del suelo con el espesor de la película de agua que las rodea y con el movimiento específico del nematodo. Esta especie es más abundante en suelos limo-arenosos que en los arcillosos (Van Gundy, 1985; Jatala 1986).

## **Aireación y pH del suelo.**

La escasa aireación en el suelo reduce la supervivencia y la densidad poblacional de los nematodos. Este es el caso típico de los suelos sobre irrigación. Bajo condiciones de riego la supervivencia se reduce por que el suministro de oxígeno llega a niveles por debajo de las condiciones óptimas de ventilación para los nematodos (Jatala, 1986).

## **Alimentación:**

Organismo fitófago. Cambios en la fisiología de los tejidos afectados arroja como resultado la formación de las células hipertróficas multinucleadas, cuya función es servir de fuente de nutrientes al nematodo. Existe hipertrofia e hiperplasia alrededor del punto de alimentación, síntoma que se manifiesta con la formación de agallas o nódulos radicales.

## **Comportamiento:**

Los nematodos en general se mueven muy pocos centímetros al año por sus propios medios; sin embargo, *Meloidogyne* spp posee la capacidad de migrar grandes distancias (de 30 a 50 cm.) verticalmente en el perfil del suelo en muy pocos días. Además, puede moverse a través de gradientes de concentración (agua y gases) que favorecen su supervivencia y su capacidad de detectar a la planta hospedera.

### **Distribución geográfica de *M. incognita*.**

Esta especie es la más distribuida del género *Meloidogyne* y prácticamente cosmopolita; se encuentra en zonas climáticas tropicales, subtropicales y mediterráneo en todo el mundo y su distribución se debe a su capacidad de adaptación y al transporte intenso que ha sufrido con diverso material vegetativo, implementos de maquinaria agrícola (Wilson y Willis, 1972; Sasser, 1977).

En México, *M. incognita* está presente en los estados de Baja California Norte, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz, en donde ataca principalmente algodón, cacahuate, cafeto, calabaza, chayote, chile, frijol, garbanzo, jitomate, maíz, melón, papa, papayo, pepino, plátano, sandía, tabaco, vid y otros (Montes, 1988).

### **Perdidas económicas causadas por *M. incognita* en papa.**

Las especies del nematodo causan daños en papa cultivada pueden ocasionar la reducción de la producción hasta en un 20 % además de afectar la calidad de los tubérculos que pueden cosecharse (Jatala, 1986). Las pérdidas pueden ser directas por la reducción en rendimiento, o indirectas por la presencia de tubérculos no apetecibles en el mercado y por la restricción para exportar o movilizar los tubérculos dentro del país. Esto último incrementa los

costos de producción y aumenta el peligro de llevar la infestación a zonas libres de la especie. En países en desarrollo las pérdidas totales se estima que pueden llegar a representar entre el 25 y el 50 % (Taylor y Sasser, 1983). En México los daños causados han sido evaluados en cafeto, frijol, maíz, papa y tomate; se calculó hace diez años que las pérdidas oscilan entre el 30 y 100 %, dependiendo del cultivo y de la población inicial (Sosa-Moss, 1985).

Este nematodo afecta la producción de la papa hasta en un 90 % (Hernández, 1987; Cepeda y Lara, 1988).

#### **Efecto de *Meloidogyne spp.* sobre el desarrollo de las plantas.**

Las especies de *Meloidogyne* además de causar la formación de células gigantes y agallas provocan en las raíces y tubérculos muy infestados, el acortamiento y la disminución de raíces laterales y la producción de escasos pelos radicales. Además, al romperse los elementos vasculares en las agallas se interrumpe en forma mecánica el flujo de agua y nutrientes (De la Isla, 1984). El ataque de *M. incognita* induce un aumento en la producción de proteínas en las agallas y un mal funcionamiento de los reguladores de crecimiento entre las raíces tallos. Estos cambios fisiológicos contribuyen a la reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas (Taylor y Sasser, 1983). Las papas cultivadas son en particular muy susceptibles a *M. incognita*, especie que al atacar raíces y tubérculos causa cambios fisiológicos en estos órganos y

favorece las invasiones secundarias de hongos, bacterias, virus, otros nematodos y plagas insectiles del suelo (Mai Abawi, 1987).

En la región de Navidad, Municipio de Galena, N.L. existen áreas bien delimitadas donde la presencia y daño del nematodo agallador ha ocasionado grandes pérdidas. Ante esta situación los agricultores han realizado diversas actividades con la finalidad de obtener tubérculos libres de nematodos, pero a la fecha, esto ha sido imposible. Desde hace poco tiempo la presencia de *Meloidogyne* es motivo de una seria preocupación, pues el daño que está ocasionando afecta drásticamente el rendimiento y calidad de las hortalizas (Carrillo, 1989).

### **Métodos de control de *M. incognita*.**

En la actualidad se dispone de varios métodos y productos químicos para el control de esta plaga. Sin embargo, factores como de costo, tipo de cultivo y residualidad y / o fototoxicidad de los nematicidas, limitan con frecuencia su control (Agrios, 1985). Estos métodos incluyen la utilización de ciertas prácticas culturales y rotación de cultivos (Johnson et al 1985); medidas legales para impedir la introducción y diseminación de especies nocivas (De la Isla, 1984); así como la cuarentena interior permanente No.17 contra *Globodera rostochiensis* y también contra *Meloidogyne spp*; para la producción de semillas que se han impuesto a la región de Navidad, Galeana Nuevo León. (Rodríguez, 1973); el uso del control biológico con bacterias (Brown y Smart,

1985), nematodos depredadores (Makau, 1990; Taylor y Sasser, 1983) y hongos (Mankau, 1980; Jatala et al. 1992), variedades resistentes como ciertos clones de papa resistentes a *M. incognita* (CIP, 1988). y las variedades comerciales como Procura y Marejke (Sosa-Moss, 1985). El control químico a través del uso de productos fumigantes y no fumigantes sigue siendo el método más ampliamente utilizado (Schmitt, 1985; Thomason, 1985; Hooker, 1986); pero desde hace poco más de diez años se vienen también poniendo en práctica estrategias y métodos menos agresivos para la rizófera de los ecosistemas donde se desarrolla la papa. Estos incluyen el combate integrado (Agrios, 1985); Johnson et al. 1985; Jatala, 1986) y la solarización (Katan et al. 1987; CIP, 1988).

### **Cultural.**

El barbecho es la práctica más importante que se debe de realizar de dos a cuatro semanas durante la estación seca, para exponer a los estadios juveniles a la desecación principalmente a los que se localizan en la superficie del suelo; algunos de ellos mueren por inanición al evitar también el desarrollo de las malezas que en su mayoría son hospederas naturales de nematodos. Otras prácticas son inundaciones, cultivos de plantas a cobertura, cultivos trampa y rotación de cultivos, las cuales reducen eficientemente las poblaciones de nematodos agalladores (Johnson, et al. 1985; Agrios, 1988).

La rotación de cultivos es la practica más vieja e importante para el manejo de nematodos en cultivos anuales , se basa principalmente en la resistencia, susceptibilidad o tolerancia de los cultivos a las poblaciones predominantes de *M. incognita* en un área específica; la soya y el maíz se han utilizado experimentalmente en la rotación de cultivos de la papa, así como el fríjol, col tabaco y trigo, con resultados parciales; sin embargo la rotación con gramíneas durante dos a tres años ha dado buenos resultados (Johnson et al. 1985).

Las variedades resistentes constituyen un método promisorio del control de nematodos. Se han identificado en papa clones resistentes a *M. incognita* (CIP,1988); las variedades de papa López , Patrones y Leona son tolerantes al nematodo y las variedades Procura y Marejke son resistentes (Sosa-Moss, 1985).

### **Legal.**

El control de nematodos agalladores mediante la regularización de cuarentena, para impedir la introducción y desimanación de un determinado fitopatógeno en áreas conocidas como libres es muy limitado (De la Isla, 1984). La región Navidad, Municipio de Galeana N.L. Esta dentro de la cuarentena interior permanente No 17, contra el nematodo *Globodera rostochiensis* y además contra *Meloidogyne spp*, para la producción de papa para semilla y se

prohíbe la introducción y movilización de tubérculos o semilla afectadas por dichos nematodos (Rodríguez, 1973).

### **Biológico.**

Este tipo lo integran los organismos que se describen a continuación:

### **Bacterias.**

A la fecha, el agente bacterial de control biológico más conocido es *Pausteria penetrans*, anteriormente identificado como *Baccilus penetrans* (Sayre y Starr, 1985), y los reportes más frecuentes son de diferentes especies del nematodo agallador *Meloidogyne spp.* Donde se muestra el parasitismo, comportamiento y factores que afectan la capacidad de infección del nematodo por la bacteria (Brown y Smart, 1985).

### **Nematodos depredadores.**

Sin lugar a duda los nematodos predadores juegan un papel importante en el equilibrio poblacional de otras especies de nematodos en los suelos, por lo tanto se recomienda tratar de extender este comportamiento para encaminar en el control de nematodos depredadores revisados por Mankau (1980), distribuidos en varias Super Familias como *Mononchidea*, *Dorylaimoidea*, *Diplogasteroidea* y *Aphelenchoidea*. Para el caso de *Meloidogyne spp.* Los

principales nematodos que se han estudiado como depredadores de este son; *Mononchus spp.* *Mononchoides spp.* *Butleria spp.* *Anathonchus spp.* *Diplogaster spp.* y *Discolimus spp.* Esto bajo pruebas en in vitro utilizando principalmente larvas de *Meloidogyne spp.* de varios estadios (Taylor y Sasser, 1983).

### **Hongos antagonicos.**

Los hongos antagonicos a nematodos incluyen los hongos depredadores o atrapadores de nematodos, hongos endoparasitos y hongos antagonicos, que producen metabolitos toxico a nematodos. Asi mismo se menciona que la mayoría de estas especies son cosmopolitas (Mankau, 1990).

Existen una gran cantidad de estudios relacionados con este tema, siendo los principales hongos que se han utilizado en trabajos con el género *Meloidogyne*; los hongos que se *Arthobotrys spp.*, *Candelabrella musiformis*, *Dactylaria candida*, *Dactylaria oviparasa*, *Haptoglassa heterospora*, *Paecilomyces lilacinus*, *Phoma macrostoma*, *Monacrosporium ellipsosprum*, *Verticillium lamellicola* y *Xenokylindria obovata* (Mankau, 1980).

Cayrol (1973), demostró el control biológico de *Meloidogyne spp.* por el hongo *Arthrobotrys irregularis*. Jatala et al. (1979) informaron sobre la

eficiencia del hongo *Paecilomyces lilacinus* para controlar *M. incognita* y *M. acrita* en papa.

Experimentos llevados a cabo por Morgan (1984), en campos infestados por *M. incognita* en Malasia, Panamá, Perú, Filipinas, Puerto Rico y Estados Unidos de América, indicaron que *Paecilomyces lilacinus* controló eficazmente a este nematodo en comparación con nematicidas convencionales usados.

Cepeda y Lara (1991), realizaron un experimento bajo condiciones similares a las del campo en las instalaciones de la UAAAN, cuyo objetivo era evaluar la eficiencia de *Paecilomyces lilacinus* para disminuir la infección causada por *M. incognita* y detectar la presencia de hongos que parasitan huevos de nematodos en tubérculos de la papá provenientes del campo experimental de Navidad, Nuevo León; se observó que *P. lilacinus* controló eficientemente a *M. incognita*.

### **Químico.**

Los nematicidas son sustancias que poseen un amplio espectro de actividad biológica y que se emplean para controlar nematodos fitopatógenos. En este tipo de control es conveniente que los nematicidas utilizados actúen sobre el nematodo y lo hagan en concentraciones adecuadas, capaces de ocasionar la muerte: aunque este método es efectivo y ampliamente utilizado, la

manipulación de estos productos es a menudo difícil y en ciertos casos hasta tóxico para el hombre (Hooker, 1986).

Los nematicidas se pueden dividir en dos grandes grupos: Los fumigantes y los no fumigantes. En la actualidad se ha incrementado el uso de los fumigantes debido a que ofrecen más ventajas que los no fumigantes, pero a la vez es necesario señalar que la buena actividad de los no fumigantes dependen de varios factores como la textura, pH, la materia orgánica, la temperatura y la humedad del suelo, la naturaleza del hospedante y otros. Los nematicidas no fumigantes ofrecen la gran ventaja de poder trasladarse de raíz al follaje o viceversa; también son menos tóxicos, fáciles de aplicar, efectivos y tienen una menor persistencia en el suelo (Schidtt, 1985 y Thomason, 1985).

### **Nematicidas fumigantes.**

Estos compuestos se formulan por lo general como líquidos y se dividen en dos grupos químicos:

1.- Los Hidrocarburos Alifáticos Halogenados como el; Dibromuro de Etileno, las mezclas de 1,3, Dicloropropeno (1,3-D y D, D), el DBCP (1,2- Dibromo –3 Cloropropano) y el Bromuro de Metilo (Thomason, 1975).

2.- Los liberadores del Isotiocianato de Metilo (ITM), como el Dazomet o Milone (3.5 – Dimetil – Tetrahidro – 2H- 1,3,5, - Thiaadizina – 2 – Tiona ). Vorlex

(Mezcla de Isotiocianato de Metilo e Hidrocarburos Halogenados, etc.).  
(Thomason, 1975).

Los nematicidas fumigantes deben su nombre, porque en las condiciones en que normalmente se efectúan las prácticas agrícolas, se gasifican al aplicarse en los suelos debido a sus características fisicoquímicas (presión de vapor alta) difundiendo en mayor o menor proporción entre las partículas de los suelos (Thomason, 1975).

### **Nematicidas no fumigantes.**

Estos productos fueron desarrollados a mediados de la década de los sesentas y por algún tiempo permanecieron en forma discreta en el mercado ya que no competían con los fumigantes en cuanto a la fisiología imperante en el control de nematodos. No tuvieron que pasar muchos años porque las numerosas investigaciones que se hicieron con ellos en diversos cultivos, se observaban las ventajas que ofrecían en comparación con los fumigantes: poco fitotóxicos, fáciles de aplicar, no requiriendo de equipo sofisticado, controlan a los nematodos en dosis menores (2.0 – 5.0 kg/ha), tienen menos poder residual y son sistémicos con propiedades insecticidas y acaricidas, y por eso son muy recomendables para emplearse en los programas modernos de manejo de

plagas (Hough y Thomason,1975; Marban Mendoza y Viglierchio, 1980; Wright,1981).

Los productos organofosforados y carbamatos comerciales se formulan en gránulos y en soluciones emulsificables. Por lo general, se acepta que los compuestos organofosforados y carbamatos actúan inhibiendo la actividad neuromuscular reduciendo la capacidad de movimiento, infección, alimentación de los nematodos y con ello efectuando la tasa de desarrollo y reproducción (Nelson et al, 1973; Bunt, 1975).

El modo de acción de organofosforados y carbamatos es igual que en los insectos; por ejemplo, en ellos atacan al sistema nervioso del nematodo; este actúa y altera la función normal de la colinesterasa.

Muchos nematicidas alteran el comportamiento normal del nemátodo. Esto también puede inferir dañando su reproducción. (Thomason, 1975.)

**Descripción de lagunas investigaciones para el control químico del nematodo agallador.**

Un Hidrocarburo Halogenado el DBCP (Dibromocloropropano) Nemagon; este nematicida controla el nematodo nodular de la papa, *Meloidogyne spp.* Según Stoyanov y Gandoy (1973), en Cuba el DBCP en dosis de 25 lt/ha

incorporado en el agua de riego reduce las poblaciones de nematodos arriba del 90% durante más de 4 meses.

Carbofuran (Furadan 5 G); es un nematicida sistémico de amplio espectro efectivo en el control de nematodos, cuando se aplica al suelo es absorbido por las raíces y trasladado a todas las partes vegetativas de la planta con excepción el fruto. Furadan 5 G se aplica próximo al sistema de raíces del cultivo, de preferencia incorporándolo a una profundidad de 2 a 10 cm, después de la aplicación de un riego para que el Furadan empiece a actuar (Hernández,1991).

Counter (Terbufos I y II). El DBC (Dimilin) han demostrado resultados promisorios para el control de *Meloidogyne incognita*.

Las especies del genero *Meloidogyne* se pueden controlar por medio de la fumigación del suelo antes de la siembra. El PCNB es un producto muy eficaz como fumigante para suelos y también han demostrado cierta actividad para controlar algunos nematodos fitoparasitos (National Academy of Science, 1978).

El fumigante DD (Dibromopropeno - Dicloropropeno) es un nematicida sumamente efectivo, adecuado para aplicaciones de campo, que se usa ampliamente y con éxito, en el tratamiento previo o preparación de los terrenos para los cultivos anuales, es más eficaz para el control de nematodos de los nódulos radiculares (Christie, 1985).

## **Integrado.**

En la práctica no es deseable aplicar continuamente el mismo método de control, ya que es necesario integrar o combinar diferentes métodos para mantener la densidad poblacional de nematodos baja y prevenir su diseminación a nuevas áreas. Este método comprende algunas actividades a desarrollar durante el cultivo o cuando el suelo está en descanso, como las siguientes : (Thomason, 1975)

- A) Muestreo exhaustivo para determinar la presencia y distribución.
- B) Tratamiento químico para reducir la población.
- C) Siembra de variedades resistentes, rotación de cultivos.
- D) Empleo de maquinaria y herramienta libre de nematodos.
- E) Empleo de tubérculos o semilla libre de nematodos.
- F) Se prohíbe la producción de semilla en zonas infestadas.

## **Solarización.**

Debido al énfasis actual sobre la protección del medio ambiente, salud humana y animal combinados con el uso extensivo de aplicación directa de agroquímicos para controlar fitopatógenos, ha sido necesario implementar nuevas alternativas de control; la solarización del suelo controla eficientemente a la mayoría de los fitopatógenos, debido al incremento de la temperatura del

suelo a través del uso de películas de plástico delgado de color negro que son aplicados sobre el suelo por períodos determinados, iniciándose la instalación durante el establecimiento del cultivo y buscando, temperatura adecuada y suministro de agua y nutrientes y a la vez se incrementa el desarrollo de los cultivos (Katan, 1987; CIP, 1988).

### **Alternativas de manejo mediante extractos vegetales.**

En los últimos años las nuevas investigaciones en el campo del control de nematodos, se están analizando nuevas alternativas sobre todo en la búsqueda de sustancias químicas de productos de extractos vegetales, que tengan propiedades para realizar un adecuado control de nematodos fitoparásitos y que a la vez, no causan trastornos a la salud humana y animal. A medida que pasa el tiempo aparecen informes sobre el avance del estudio de algunos productos que ya se encuentran en los procesos finales de investigación, así como otros productos que ya han usado con buenas alternativas, para que en el futuro, estas sustancias ofrezcan una alternativa de gran aplicabilidad en el manejo de poblaciones de nematodos (Cepeda, 1996).

## **El Nematodo Agallador de Columbia *Meloidogyne chitwoodi***

Golden et al. (1980) realizó la descripción del nemátodo agallador de columbia *Meloidogyne chitwoodi*, en la variedad de papa “Ruset Burbank” , a la cual le ocasionan agallamiento en la raíz y la formación de mezquinos en el tubérculo.

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum .... Nematoda (Rudolphy,1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)

Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)

Familia ..... Heterodiridae (Filip'eu y Schourmans Stekhoven, 1941)

Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)

Género.... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)

Especie.... *chitwoodi* (Golden, Bannon, Santo y Finley, 1980)

### **Distribución mundial.**

Este nematodo se encuentra en los Estados Unidos, Oregon, Idaho, California y Nevada.

En la Republica Mexicana se encuentra; En el estado de Tlaxcala, en los municipios de Cuapaxtla, Huamantla y Alzayanca, en el estado de Chihuahua y en el municipio de Madera ; en Puebla, en el municipio de Guadalupe Victoria y en Guanajuato en el municipio de León (SAHR, 1987).

### **Ciclo biológico de *Meloidogyne chitwoodi*.**

#### **Ciclo de vida pre parasítica**

El ciclo de vida de la especie de referencia, es típico del género *Meloidogyne*, el cual comienza con un huevecillo, generalmente en estado unicelular. Estos son depositados en una "matríz" gelatinosa, y su desarrollo comienza breves horas después de oviposición, resultando en su división celular, 2,4,8, o más células, hasta llegar al desarrollo embrionario completo, que concluye con la formación de una larva completa, con estilete, enrollada dentro de la membrana del huevecillo, este es el primer estadio larvario (juvenil), que se puede mover dentro del corium pero no es activo, la primera muda tiene lugar en el huevecillo y no es difícil ver separada la cutícula del primer estadio, sobresaliendo más allá de la cabeza del segundo estadio larvario, poco después, la larva emerge a través de un agujero que hace en un extremo de la membrana del huevecillo. La larva del segundo estadio que ha emergido puede dejar o no inmediatamente la masa de huevecillos.

## **Ciclo de vida parasítico.**

### **Penetración en las raíces.**

Las larvas en el segundo estadio larvario, llamado infectiva, generalmente penetran en las raíces justamente sobre la caliptra (punta de la raíz) y finalmente se instalan con sus cabezas en el cilindro en desarrollo cerca de la región de elongación celular, quedando sus cuerpos en la corteza. Con su estilete perforan las paredes de las células e inyectan secreciones de la glándula esofágica dorsal; estas secreciones causan agrandamiento de las células en el cilindro vascular, lo que da lugar a la formación de células gigantes (hipertrofia), también se induce la multiplicación de las células corticales (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva; generalmente estos cambios son acompañados por el engrosamiento de la raíz para formar agallas bien visibles. (SARH, 1987.)

### **Desarrollo de estadios parasíticos.**

Mientras que están formando las células gigantes y las agallas, aumenta el grosor de la larva y hay una dilatación considerable de las glándulas

esofágicas. Las células del primordio genital se dividen y se agrandan haciéndoles notorias dos ramificaciones en la hembra, o una estructura alargada en el macho. Cerca de la parte posterior del cuerpo de la hembra, las seis glándulas rectales comienzan a formarse y agrandarse. A medida que el segundo estadio larvario continua alimentándose, el cuerpo adquiere forma globosa y las gónadas se alargan.

Cuando se completa la segunda y tercera muda de la hembra, el estilete y el bulbo medio desaparece; poco después de la cuarta muda el estilete y el bulbo medio son nuevamente visibles, se forma el útero, la vagina y el patrón perineal se hace visible.

En el macho, antes de la segunda muda, la gónada masculina se encuentra cerca del final posterior del cuerpo y el recto es visible de la segunda y tercera mudas; el estilete no es visible, el bulbo esófago medio se ha degenerado y solo la gónada se ha alargado; el cuerpo filiforme del macho se desarrolla dentro de la cutícula larvaria, con estilete, esófago del bulbo medio, espículas y esperma en los testículos (SARH, 1987.)

### **Morfología y anatomía.**

Después de la cuarta muda al llegar al estado adulto, se observa el dimorfismo sexual típico del género, la hembra se hace globosa y el macho queda vermiforme. La longitud promedio de las hembras adultas de la especie

de *Meloidogyne* fluctúa entre 0.44 y 1.3 mm, y el macho promedio entre 0.325 y 0.7 mm. El cuerpo de la hembra no es simétrico; es decir, el cuello no está ni cerca ni en el centro de la línea central del cuerpo, sino distintamente a un lado, de modo que las líneas centrales del cuello y el cuerpo forman un ángulo de por lo menos de 15 o más de 90 grados en ángulos especímenes.

Los machos, las hembras y las larvas de las especies de *Meloidogyne* tienen estiletes que consisten en una punta cónica, una columna y tres nódulos. El estilete tiene una abertura cerca de la punta que conducen al lumen del esófago; cerca de la parte posterior de los nódulos, el lumen tiene una ramificación corta llamada orificio de la glándula dorsal. El lumen esofágico conduce hacia una válvula situada en el bulbo medio; los músculos de la válvula la dilatan y contraen alteradamente, de modo que funciona como una bomba, trasladando el alimento al intestino. Posterior al bulbo medio del esófago se encuentran tres grandes glándulas, una dorsal y dos subventrales. El conducto de la glándula dorsal se dirige hacia el orificio de la glándula dorsal, que como ya se mencionó queda debajo de los nódulos basales del estilete y los conductos de las glándulas subventrales desembocan dentro del tubo esofágico en el bulbo medio (SARH, 1987).

### **Reproducción y potencial biótico.**

El sistema reproductor de la hembra en las especies de *Meloidogyne*, consiste en dos o varios, cada uno con una zona germinal, zona de crecimiento,

oviducto, espermateca y útero. El útero conduce a una vagina común. El sistema reproductivo se toma de un primordio genital de cuatro células del segundo estadio larvario, y se desarrolla a través del tercero y cuarto estadio larvario.

En el extremo distal del sistema reproductor, existen células que se dividen muchas veces formando oogonios con el número somático ( $2n$ ) de cromosomas. Los oogonios más avanzados cesan de dividirse y se convierten en oocitos, los cuales pasan a través de una larga zona de crecimiento, volviéndose más grande y movilizándose uno por uno a través del oviducto y la espermateca; se produce otra división mitótica, los huevos se tornan ovalados y forman una membrana flexible. Finalmente, pasan a través de la vagina y son depositados en estado unicelular en la masa de huevecillos. Esta clase de reproducción se llama partenogénesis y es muy común en *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, y *M. arenaria*, algunas poblaciones de *M. hapla* y otras especies. El esperma no es necesario para el desarrollo del huevo y no ocurre fertilización, aún cuando la espermateca contenga esperma.

Todas las especies que se reproducen por partenogénesis tienen machos cuyo número varía con la provisión y calidad de alimentos y otros factores. Generalmente cuando el alimento es abundante, la mayoría de las larvas se desarrollan como hembras y cuando la alimentación es escasa y existen altas poblaciones, o la infección se realiza sobre plantas viejas, en gran porcentaje de las larvas se desarrollan como machos (SARH, 1987).

### **Duración del ciclo de vida.**

La duración del ciclo de vida del nematodo agallador es frecuentemente afectada por la temperatura. Se determinó que la temperatura de las distintas actividades de las especies de *Meloidogyne* se encontró que *M. hapla* y otras especie de climas fríos tienen normalmente mínima, óptima y máxima, para incubación, movilidad, invasión de raíces, crecimiento, reproducción y supervivencia; los ciclos más cortos son los de *Meloidogyne incognita*, *javanica*, *arenaria*, que ocurren en climas más cálidos, con temperaturas entre 25 y 30 grados centígrados. Para *Meloidogyne hapla* y especies relacionadas con *Meloidogyne chitwoodi*, las temperaturas óptimas fluctúan entre 15 y 25<sup>0</sup> C. Todas estas especies tienen poca actividad a temperaturas superiores a 40 grados centígrados y menores a 5<sup>0</sup> C (SARH 1987).

### **Descripción del daño y formas de ataque.**

(SARH, 1987), Reporta que las plantas hospedantes tienen muchos, de susceptibilidad; en las altas y moderadamente susceptibles, la reproducción del nematodo es óptima y están más expuestas a ser dañadas en el campo por el nematodo, incrementándose la población rápidamente a partir de una pequeña infestación en el terreno, reduciéndose la cantidad y calidad de la cosecha.

Los nematodos agalladores se multiplican logaritmicamente por varias generaciones durante la época decrecimiento del cultivo; teóricamente se

estima que si el 5% de 500 huvecillos producidos viven para reproducirse, los números de individuos serían 25, 625, 15,625 y 390, 625 en solo cuatro generaciones.

En la mayoría de los cultivos altamente susceptibles, el síntoma más notable de la infección por especies de *Meloidogyne*, es la presencia de engrosamiento fuertes en las raíces, llamadas agallas” y la formación de “mezquinos” en los tubérculos de papa; en las raíces secundarias, las agallas son tan pequeñas que miden 1 o 2 mm, de diámetro, pero en las raíces primarias éstas pueden ser de 1 cm o más grandes, pudiendo estar en ellas varias hembras; sin embargo, el tamaño de las agallas pueden depender de la especie presente y de la planta hospedante.

En el tejido agallado se observan células gigantes y además las especies de *Meloidogyne* producen otros efectos importantes en las raíces de las plantas, las altamente infectadas son mucho más cortas que las sanas, tienen muchos pelos radicales; en consecuencia, el sistema radical no utiliza óptimamente el agua y elementos nutritivos del suelo; estos efectos están en función directa de la densidad de la población del parásito.

Las hembras de las especies de *Meloidogyne* se alimentan de las células gigantes que se mantienen activas por el continuo activo estímulo del nematodo.

## **Forma de dispersión.**

Los nematodos parásitos de las plantas se mueven por sí mismos sólo a cortas distancias; la manera más usual de diseminarse es por el transporte de tierra y partes de las plantas infestadas; que hace el hombre, (tubérculos y otros sistemas radicales); también puede ser diseminado por el viento, agua de riego y lluvia, implementos agrícolas, envases y animales silvestres y domésticos.

Los estados activos de la mayoría de los nematodos, son susceptibles a la desecación y los estados resistentes o de vida latente son los más importantes para la diseminación a grandes distancias; el suelo y las partes vegetativas de las plantas protegen de la desecación a los nematodos a cortas y largas distancias (SARH, 1987).

## **Muestreo y detección**

### **Tipos de muestreo:**

#### **Inspección visual de campo.**

La inspección visual en el campo se realizará para observar algunos síntomas inducidos por los nematodos agalladores en las raíces, ya que los síntomas de la parte aérea de las plantas infectadas no son típicos y pueden

confundirse con los causados por otros patógenos de la raíz, que restringen el flujo de agua y nutrientes.

Una forma práctica de determinar la presencia de *Meloidogyne* en las plantas, mediante la observación del sistema radical para detectar la presencia de agallas; para la extracción de los nematodos y su identificación hasta especie.

### **Muestreo de suelo.**

Las muestras de suelo deben ser tomadas alrededor de las raíces de las plantas, una vez analizadas proporcionan información sobre la presencia de larvas y machos de *Meloidogyne* (SARH, 1987).

### **Área cuarentenada.**

Existe una Norma Oficial Mexicana que declara cuarentena por encontrarse infestadas por el nematodo *Meloidogyne chitwoodi*, en las zonas agrícolas siguientes:

En México: En los municipios de Jiménez, Villa Aldama, Cuauhtémoc y Madera, Chihuahua;,, En el Municipio de Guadalupe Victoria, Puebla y el Municipio de León, Guanajuato.

En los Estados Unidos de Norteamérica: Los estados de Washington, Idaho, Oregon, California y Nevada (SARH, 1987).

### **Muestreo de verificación.**

Si la semilla es de origen incierto, no deben sembrarse por ninguna razón, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 27 fracción III inciso d; el artículo 74 fracciones I y artículo 74 fracciones II y IV del reglamento de la ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Sanidad Vegetal; también es de importancia el muestreo de raíces durante el desarrollo del cultivo a partir de los 40 días quincenalmente, para detectar a los nematodos que hayan escapado el muestreo de tubérculos y resistido al tratamiento antes de la siembra (SARH, 1987).

Las plantas a muestrear se toman al azar en las zonas consideradas como infestadas, así como áreas sanas (SARH, 1987).

El muestreo de plantas en el campo no debe limitarse al cultivo en pie, sino debe realizarse también en los cultivos de rotación y malezas que se encuentran alrededor (SARH, 1987).

### **Tipos de actividades.**

Las actividades para la detección de *Meloidogyne chitwoodi*, son las siguientes;

A) Campañas de concientización a los productores, sobre peligrosidad de este nematodo y las desventajas de notificar la compra de la semilla al personal oficial de la SAGAR para que éste lo asesore y haga el diagnóstico de la calidad fitosanitario.

B) Establecimiento de un sistema aduanal en los puertos, aeropuertos, carreteras y las principales vías de acceso, para verificar que los vehículo que circulan en determinada zona producción la documentación del producto que transporta, indicando las condiciones fitosanitarios del mismo.

### **Calendarización de actividades.**

Según la (SARH, 1987)., la realización de actividades para el control de *M. chitwoodi*, debe adaptarse a las diferentes regiones y por etapas, por ejemplo:

#### **1ª. Etapa: Cuatro meses antes de la siembra:**

Campañas de concientización a productores, para señalar las características de calidad y sanidad de la “semilla”, así como lugares probables de adquisición de la misma.

**2ª. Etapa; Tres meses antes de la siembra:**

Los productores de papa deben comprar la “semilla” libre de *Meloidogyne chitwoodi* y registrarse en el Distrito de Desarrollo Rural correspondiente, para permitirles la siembra.

**3ª. Etapa: Dos meses antes de la siembra:**

El personal de la SAGAR deberá muestrear papas almacenadas donde se encuentren tubérculos para semilla”, para analizar y diagnosticar la presencia de *Meloidogyne chitwoodi*.

**4ª. Etapa: Un mes antes de la siembra:**

Tratamientos químicos por inmersión de la semilla autorizada para la siembra en una solución que la SAGAR determine.

**5ª. Etapa: Siembra.**

Recomendar la incorporación con la siembra junto con el fertilizante, nematicida granulado y sistémico que autorice la SAGAR.

### **6ª. Etapa: 60 días después de la siembra:**

Iniciar los muestreos a los cultivos de papa por zona. Si se llegara a detectar *Meloidogyne chitwoodi*, deberá aplicarse en forma dirigida nematicidas y además sanear el predio.

### **7a. Etapa: 40 días antes de la cosecha:**

Implementación de medidas restrictivas en su caso y establecimiento de puntos de inspección para controlar la movilización y destino de la cosecha, debiendo realizar previamente el muestreo de pre-cosecha, para diagnosticar el estado fitosanitario de *M. chitwoodi* y así indicarlo en la documentación.

### **8ª. Etapa: Post cosecha:**

Destrucción de residuos Pots-cosecha, recolectando tubérculos abandonados y malas hierbas, para su tratamiento e incineración.

### **Control de *Meloidogyne chitwoodi***

El objetivo básico del control debe ser la reducción de la población del nematodo, para proteger e incrementar la producción del cultivo afectado.

## **Químico.**

Los nematicidas que más se recomiendan para el combate de este nematodo son:

Carbofuran (Furadan, Curater) 5 % G, 60 kg/ha.

Fenamifos (Nemacur) 10% G, 40 kg/ha.

Se recomienda aplicar la mitad de la dosis a la siembra y el resto en la primera labor. También se puede aplicar Aldicarb (Temik) 15 % G, en dosis de 20 kg/ha, con equipo especial, ya que es un nematicida altamente tóxico.

## **Biológico.**

Existen diferentes hongos que matan a los nematodos: Los atrapadores y los parásitos. Los atrapadores capturan a los nematodos por medio de redes pegajosas entre los géneros más conocidos están *Arthrobotrys* se forman anillos contráctiles y redes adhesivas y *Dactylella* que producen nudos y argollas atrapadoras. Los hongos parásitos que infectan a esta especie, tienen esporas que se adhieren a la cutícula y germinan formando tubos que penetran dentro del cuerpo, entre estos se tienen a *Catenaria argillula* (Taylor y Sasser, 1993).

El hongo *Paecilomyces lilacinus* penetran los huevecillos destruyendo el embrión, ataca a las hembras en desarrollo y se multiplica dentro de ellas produciendo la muerte (Jatala, 1980).

### **Extractos vegetales.**

El empleo de plantas que producen toxinas para los nematodos, tales como: flor de muerto, crisantemo e higuera, reducen la población de esta especie, ya que penetrar las larvas en las raíces de las plantas, mueren en pocos días (Taylor y Sasser, 1983).

### **Integrado.**

Antes de establecer el cultivo o sembrar deben reducirse en el suelo la cantidad de huevecillos y larvas infectivas, tanto como sea posible bien sea con el empleo de nematicidas, con rotación de cultivos o métodos especiales como: inundación, desecación del suelo o barbechos consecutivos durante la estación seca (Taylor y Sasser, 1983).

### **Criterios para la selección de métodos de control.**

Estos criterios se establecen de acuerdo al nivel de población de nematodos y al límite de tolerancia de las plantas.

## **Cuantificación.**

Para *Meloidogyne chitwoodi* la tolerancia es cero, lo cual que si después del análisis de las muestras se encuentra un solo macho, hembra o larva en la raíz, suelo o tubérculos y se identifica que pertenece a esta especie debe realizarse el control químico para impedir el incremento de la población, debido a que este nematodo potencialmente peligroso para el cultivo de la papa y otros que intervienen en la rotación (SAHR, 1987).

## ***Meloidogyne fallax.***

*Meloidogyne fallax* se describió por primera vez, en un campo experimental a 1.5 kilómetros al Norte de Baexan (Neet Larma), en el año de 1992, este nematodo inicialmente se consideró como una población anticonvencional de *Meloidogyne chitwoodi* (Karssen, 1994), después de estudios de diferentes modelos de Isoenzima, se propuso como una raza nueva de *M. fallax chitwoodi*, posteriormente se descubrieron biotipos diferentes entre *chitwoodi* y la propuesta de la raza de *Meloidogyne* se volvió inaceptable y describió como una nueva especie de *M. fallax* Karssen, 1996. (<http://www.eppo.org/Quarentine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

La variación genética de los nematodos del nudo de la raíz con respecto a virulencia de *Meloidogyne chitwoodi* y *M. fallax* y *M. hapla* causan problemas serios en la agricultura europea. Causando pérdidas económicas de la

producción, el problema de este es en la parte exterior y en partes interiores que hacen que el producto se ha devaluado.

Actualmente *M. chitwoodi* y *fallax* están declarados como organismos de cuarentena pero a pesar que se encuentra con esta medida preventiva está causando problemas en el cultivo de papa. (Internet).

Las investigaciones recientes se ha llevado a cabo en los Países Bajos donde se ha encontrado *M. chitwoodi* en cuanto a morfología y biología, una segunda especie del nematodo nudo de la raíz que es muy similar *Meloidogyne*. como el nematodo de Columbia de la raíz esta nueva especie se ha nombrado *Meloidogyne fallax*.

(<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

En esta zona estas dos especies son de importancia económica en papas y zanahorias. (internet).

Estudios realizados en pérdidas de cosechas por nematodos en Estados Unidos y en Brasil, se incluye una lista de fitonematodos asociados con las cosechas de las solanáceas en Brasil incluso papas, pimiento y tomate, los síntomas, aspectos de biología se describen que es por *Meloidogyne spp.* Se ha mostrado que plantas afectadas por este género muestra reducción en crecimiento, y se tornan de color amarillento y tiende a una marchites durante las etapas más calurosas.

Karssen se basó en un estudio anual por una inspección por planta a tiempos apropiados y por inspección visual externamente y por un corte de tubérculos después de la cosecha en papas, los tubérculos obtenidos son sacados al azar. (<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

### **Distribución.**

Después de los primeros experimentos en Baexen cercano a (Neet. Larma) en 1992, *Meloidogyne fallax* se encontró en papas en situaciones diferentes en la parte Sur y Sur Oriental de los Países Bajos. Hasta ahora se sabe que este nematodo *Meloidogyne fallax* se restringe a la parte oriental de los países bajos cerca de las fronteras con belgas y demanas, esta región es adyacente al de *M. chitwoodi*. (<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

Además se menciona que esta especie nueva, también se encuentra en la parte occidental de Francia donde se encontró en tomates.

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum.... Nematoda (Rudolphy, 1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)  
Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)  
Familia.... Heterodiridae (Filip'eu y Schourmans Stekhoven, 1941)  
Subfamilia... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)  
Género.... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)  
Especie.... *fallax* (Karssen; 1996)

### **Identificación.**

El nematodo *Meloidogyne chitwoodi* y *fallax* es difícil distinguir la morfología a *M. hapla*. Recientemente se ha mostrado que el satélite de DNA, se puede usar como sondas para estas 3 especies (Borron utiliza la calabaza), como experimento para distinguir a *M. hapla*, de otras especies.

Se menciona que la reproducción de *Meloidogyne fallax* a diferencia con el ciclo de vida con *M. chitwoodi* es más corto el de *fallax*. (<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

Los estudios hechos para observar capacidad de virulencia se estudiaron en papas, y resultó que *Meloidogyne fallax* es más agresivo y que posteriormente le sigue *chitwoodi* y finalmente *hapla*.

## **Biología.**

Se menciona que el ciclo de vida de *M. chitwoodi* y *M. fallax*, son en general el mismo con respecto a penetración a la raíz, inducción de agallas, sintomatología, numero de mudas, tipo de reproducción partenogenética y numero de cromosomas iguales. Se detallo que la incubación son comparativos, estrategias de supervivencia y la acumulación del día, hasta ahora las publicaciones de los resultados iniciales en 1997, indican que *M. fallax* tiene un ciclo de vida más corto que *M. chitwoodi* en un estudio de virulencia en el cultivo de papá. Dado que *M. chitwoodi* se he a descubierto más que *M. fallax* hasta ahora no existe demasiada información. (<http://www.eppo.org/Quarentine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

## **Morfología.**

La forma de las hembras son aperlado blanco y globular o forma de pera de 400 a 720 um de (anhela) y 250 – 460 um, de ancho y anulados estas son sedentarias. El estilete de este nematodo es dorsal en forma de curva de 13.9 – 15.2 um (anhela) alrededor del estilete tiene perillas ovoides, ligeramente inclinada posteriormente, los machos no son sedentarios, vermiformes, anulados, ligeramente delgado anteriormente con 735 – 1520 um (anhela) y 27.44 un, anchura. El estilete es de 18.9 – 209 um (anhela) con perrillas grandes y redondas. Los galancetes de la segunda fase no son

sedentarios, son vermiforme, anulados en ambos extremos delgados, 380 – 435 um (anhela), 13.3 – 16.4 um, anchura, con una longitud de la cola de 46 – 56 um y una cola del hyaline de 12.2 – 15.8 um de longitud. (<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

Se relata en cuanto a la morfología de *M. fallax* y *M. chitwoodi* es estrechamente parecido engañoso y era razón de darle el nombre a la especie. Las diferencias más sobresalientes por machos y hembras es la longitud del estilete y la perilla, la forma de *M. fallax* es primordialmente redondeado; *M. chitwoodi*, pequeño e irregular, (los galancetes de la segunda fase existe diferencia en la longitud del cuerpo, y la longitud de la cola. (<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

Con el microscopio electrónico se examina, y se puede observar que la cabeza del macho de *M. fallax* tiene un disco labial elevado. Las diferencias que existen en el modelo perineal de la hembra de *M. fallax* es que tiene un arco relativamente más alto dorsalmente, las estrías más espesas y en la posición de (hemizonid) en galancetes de la segunda etapa con respecto al poro excretor, se encuentra en el mismo nivel que *M. fallax* y *M. chitwoodi*.

Entre una especie y otra existen diferencias morfológicas que se han estudiado, pero las diferencias más claras entre la especie pueden ser

mostradas por métodos moleculares electrónico de Isoenzima, el total del modelo de la proteína soluble, de reacción de la cadena polimerasa por medio de (PCR). (<http://www.eppo.org/Quarentine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

### **Impacto económico.**

Dado que los resultados en ensayos de *M. fallax*, causa los mismos síntomas en tubérculos de la papa y en zanahorias, así como *M. chitwoodi* causa necrosis en la parte externa irrita o interior debajo de la piel. Sin embargo actualmente no existe información directa disponible que muestran la magnitud de daño económico causado por *M. fallax* ya que frecuentemente ocurre infestaciones mixtas de *M. Chitwoodi* (<http://www.eppo.org/Recursos,Arrow.Smal.gif>)

Los nematodos son gusanos microscópicos que atacan a las raíces de las plantas, que causa diez millones de dólares de pérdidas por cosecha en cada año en los Estados Unidos, estos nematodos de los nódulos radicales son parásitos importantes de la raíz, que causan daños en muchas plantas económicas a nivel mundial. Este es un problema para determinar la magnitud de perdidas de la cosecha debido a los nematodos que son parásitos de las plantas. La Universidad de California, declaran a la Universidad como uso para estudios anatómicos y DNA, para el nematodo llamado *M. fallax* este

descubriendo significante para Australia y así existe cuarentena intensa, el problema sirve para los investigadores como guía para el futuro, para que se útil a estrategias de la cuarentena, e identificar especies económicas importantes (<http://www.eppo.org/recursos.Arrow-esmal.sig>).

### **Ciclo biológico.**

El ciclo biológico comienza con un huevecillo depositado en una matriz gelatinosa y su desarrollo comienza breves horas después de la oviposición, resultado en su división celular de 2, 4, o 8 ó más células, hasta llegar al desarrollo embrionario completo, que concluye con la formación de una larva completa, con estilete, enrollado dentro de la membrana del huevecillo, este es el primer estadio larvario juvenil, que se puede mover dentro del corium pero no es muy activo; la primera muda tiene lugar en el huevecillo y no es difícil ver separada la cutícula del primer estadio, sobresaliendo más allá de la cabeza del segundo estadio larval. Poco después, la larva emerge a través de un agujero que hace en un extremo de la membrana del huevecillo. La larva del segundo estadio que ha emergido puede dejar o no inmediatamente la masa de huevecillos (SARH, 1987).

### **Ciclo de vida parasítico.**

#### **a).- La penetración en las raíces.**

Las larvas en el segundo estadio larvario, llamado infectivo, generalmente penetran por la punta de la raíz; con su estilete perforan las paredes de las células e inyectan secreciones de la glándula esofágica dorsal provocando una hipertrofia y una hiperplasia alrededor de la cabeza de la larva.

Generalmente estos son acompañados por el engrosamiento de la raíz para formar agallas bien visibles (Taylor y Sasser, 1983).

#### **b).- Desarrollo de estadios parasíticos.**

A medida que el segundo estadio larvario continua alimentándose, el cuerpo adquiere forma globosa y las gónadas se alargan. Cuando se completa la segunda tercera muda en la hembra; poco después de la cuarta muda el estilete y el bulbo medio son nuevamente visibles, en forma el útero, la vagina y el patrón perineal se hace visible.

El macho, antes de la segunda muda, la gónada masculina se encuentra cerca al final posterior del cuerpo y el recto es visible después de la segunda y tercera mudas, el estilete no es visible, el bulbo esofágico medio se ha degenerado y solo la gónada se ha alargado; el cuerpo filiforme del macho se desarrolla dentro de la cutícula larvario, con estilete, esófago con bulbo medio espículas y esperma en los testículo (Taylor y sasser,1983).

## **Métodos de control.**

### **Cultural.**

Existen experiencias para el control de *M. fallax* en los Países Bajos como el efecto del barbecho, uso de estiércol verde, y tiempo de siembra.

Los resultados estiman que con el uso del barbecho se reduce la población del nematodo más del 95%.

Se menciona que existe menos daño cuando se utiliza las fechas de siembra más tarde en primavera.

Se dice que las situaciones de cosecha son similares, se relata que las especies son estrechamente y difícil de distinguir, en el manejo fitosanitario similar de *M. chitwoodi* y *M. fallax* de acá depende el aumento de la cuarentena por EPPO. (<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

## **Nematodo Agallador *Meloidogyne javanica***

### **Antecedentes históricos.**

Este nematodo se le conoce como el nematodo javanes de los nódulos radicales, es la especie que infecta a ciertos melocotones o duraznos orientales, como Ayunan y Shalil, (Christie, 1982).

Se menciona que es el primer reporte de *M. javanica* en el cultivo de Ocumo en Venezuela y no se dispone de estudios relacionados con el comportamiento de variedades de este cultivo, a *Meloidogyne spp.* En el estado de Barinas los productores utilizan el monocultivo sin dejar en descanso los terrenos entre un ciclo y otro

*Meloidogyne javanica* fue también encontrado en raíces de la planta de olivo (*Olea europaea*) en Portugal se dice que la examinaron histología de raíces infestadas de olivo de cualquier especie demostró la formación de células grandes inducidas. ya que *Meloidogyne*. se considera un patógeno importante para el olivo.

## **Distribución.**

Este nematodo tiene una distribución amplia en los lugares de Florida, Georgia, Los Ángeles, California, Texas, Nueva York y Estados Unidos, ya que en estos nichos prevalecen condiciones favorables para su desarrollo y obviamente cultivos donde existen como hospederos.  
<http://bonzi.com.Myhome.asp>.

## **Clasificación taxonómica.**

Phylum.... Nematoda (Rudolphy, 1908)  
Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)  
Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)  
Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)  
Familia.... Heterodiridae (Filip' eu y Schourmans Stekhoven, 1941)  
Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)  
Género.... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)  
Especie.... *javanica* (Treu, 1885; chiwood, 1942)

## **Morfología.**

*Meloidogyne javanica* se caracteriza por tener estructuras que se diferencian de las demás especies, tiene líneas laterales que son incisuras distintas en el corte a través de la estría del diseño perineal así poco o ninguna

estría intacta extendiéndose del dorso al sector ventral. En algunas instancias estas líneas se extienden completamente a través del modelo, se localiza justo arriba del ano, aunque el espiral es distinto frecuentemente y se representa al final del cuerpo, tiene usualmente un arco que es bajo y redondeado pero ocasionalmente los especímenes son altos y arcos angostos, la estría ventral es lisa. Dado que el macho tiene 3 anulaciones postlabial sobre la región del labio.

### **Ciclo de vida.**

El inicio del ciclo de vida comienza con huevecillos, por lo regular se conocen que se encuentran en estado unicelular, al emerger del cascaron la temperatura favorable es de 30 grados centígrados, para su desarrollo temprano y la invasión a las plantas (Philis, 1984) estos pueden ser depositados al aire sobre el suelo o bien dentro de una matriz gelatinosa, ocasionalmente puede estar adherida al tejido de la misma planta hospedera, se toma en cuenta el tiempo de desarrollo que inicia unas horas después de la oviposición, esta tiende a ocasionar divisiones que son de dos, cuatro y ocho o mas células, hasta que completa su etapa embrionaria, que al final se observa una larva completa bien desarrollada, con la formación de un estilete, enrollado al interior de la membrana del huevecillo, hasta esta etapa se considera el primer estadio larvario (juvenil) pero tiene la capacidad de moverse dentro del huevo considerando que no es muy activa; la primera muda tiene lugar en le huevecillo y no es difícil ver separada la cutícula del primer

estadio larval, poco después, la larva emerge a través de un agujero que hace en un extremo de la membrana del huevecillo. La larva del segundo estadio que ha emergido puede dejar o no inmediatamente la masa de huevecillos. (SARH, 1987).

Después de la oviposición , para el desarrollo de J2 se expresa en tiempo en días, para la primera producción de J2 de la Segunda generación con las temperaturas promedios en que aumenta el desarrollo de 18-27<sup>0</sup> C. Se menciona que en le campo las generaciones es de tiempo definido en la mayoría de las raíces . (Philis, 1984).

En esta etapa la larva puede penetrar a la raíz generalmente cerca de la punta, moviéndose entre las células no diferenciadas de la raíz, e introduce su cabeza en el cilindro central en desarrollo, en hospedantes susceptibles estas larvas inducen la formación de células gigantes de las cuales continúan alimentándose, por medio de su estilete perforan las células en el cilindro vascular, aumentándose así la proporción de la división celular en el pericelo; esta da origen a células gigantes formadas por el agrandamiento de las células. Al mismo tiempo hay una intensa multiplicación de células vegetativas alrededor de la cabeza de la larva. Estos cambios son acompañados por el engrosamiento de raíces o tubérculos para formar agallas o conspicuas.

La invasión por juveniles de la segunda generación ocurre de 7-13-31-21 días después de poner los huevos cuando la temperatura de la tierra se encuentra entre 20 y 26.5<sup>0</sup> C.

Cuando se completa la segunda y tercera muda, desaparece el estilete y el bulbo medio esofágico, después de cuarta muda el estilete y bulbo medio son regenerados, donde se forma el útero y la vagina, el patrón perineal se hace visible, el macho antes de la segunda y tercer muda el estilete, no es muy visible, el bulbo medio, posteriormente ocurre una metamorfosis: el cuerpo alargado se desarrolla dentro de una cutícula larvario, se completa con el estilete, el esófago con el bulbo medio y las espículas y el esperma en los testículos (Cepeda, 1996).

### **Control de *Meloidogyne javanica***

Para que exista un buen manejo en el control de *M. javanica* se han utilizado una serie de métodos de los cuales se han obtenido resultados ya que en los cuales se mencionaran, entre ellos se encuentra: la solarización, rotación de cultivos, control físico, el químico y biocontroladores.

### **Solarización.**

La importancia en la actualidad para la protección del medio ambiente ha hecho que propongan técnicas que no dañen a la salud humana y animales de ahí es la importancia de usar la solarización (Owinno, Waudo, 1993)

Manduca y Tradgill (1994). Ellos mencionan que usando la solarización para el control elevado de números de poblaciones de huevecillos, el uso del polietileno a una profundidad de 15 centímetros, en un tiempo de 3 semanas, con un promedio de temperaturas de 43<sup>o</sup> C y 45<sup>o</sup> C.

Usando esta medida se ha observado que tiende a disminuir la población tanto como huevos y estados juveniles en el suelo y los nódulos radicales. (<http://www.ucmes/inf/rsehn/biend/iz/biz-zna.htm#zna30>)

### **Rotación de cultivos.**

Se menciona que la rotación de cultivos es una practica utilizada desde hace muchos años y a la vez importante, para el buen manejo del nematodo agallador en los cultivos anuales ya que son susceptibles a poblaciones predominantes de *M. javanica* en áreas especificas de cultivos hortícolas como: acelga, tomate, pimiento, pepino, calabacitas y habas ((<http://www.ucmes/inf/rsehn/biend/iz/biz-zna.htm#zna30>))

### **Físico.**

Este método es usado para la erradicación de *M. incognita* y *M javanica* en cultivos de la vid, se inicia con un tratamiento de agua caliente a rizomas de

la vid, el tiempo en que se debe de mantener es por 20 minutos para poder eliminar completamente al nematodo.

### **Químico.**

Primordialmente este método es muy usado el objetivo es reducir el incremento de la población, para que no se tenga daño por este nematodo y no afecte la devaluación de la calidad del producto, los productos usados son:

Fumigantes:

1-3 D Dicloropropeno

Bromuro de metilo.

### **Biológicos.**

Para este método se han utilizado hongos que actúan como biocontroladores para nematodos agalladores se ha considerado el *G. Mosseae* y *P. lilacinus*, la presencia de estos agentes parásitos que matan a los nematodos, es que inhiben la infección por *M. javanica*.

El hongo *Paecilomyces lilacinus*, invade huevecillos destruyendo el embrión, ataca también a las hembras en pleno desarrollo y se multiplica en el interior hasta que le causa la muerte (Jatala ,1980).

Dado también la producción de fenoles en las plantas, estos impiden las actividades de las enzima producidas por el nematodo, bloquean el desarrollo durante la propia nutrición.

Se menciona que los fenoles también impiden la liberación del óvulo de las hembras presentados en la raíz (Sutaromiak, Patha, 1979).

### **Extractos vegetales.**

En estudios realizados para el control de nematodos como la aplicación de residuos vegetales son toxinas que inhiben el desarrollo, pero también estas pueden servir como abonos orgánicos para el desarrollo del cultivo (Owino, Waudu, 1993).

### **Nematodo Agallador *Meloidogyne hapla*.**

#### **Antecedentes históricos.**

Este nematodo es conocido como el nudo de la raíz norteño, porque normalmente ocurren los daños en ambiente más frescos, donde se ha

encontrado es también en los trópicos y subtrópicos pero normalmente en elevaciones más altas.

*Meloidogyne hapla* se considera en una de 12 especies de climas fríos, y que presenta una amplia distribución, dependiendo de las condiciones ecológicas, así también tiene una gran gama de plantas hospederas incluyendo cultivos económicos, tanto como malezas.

Se menciona que esta especie es la única que a menudo se encuentra más en tubérculos de papa aunque frecuentemente aparece en las plantaciones de tomate, apio y otras plantas como en los viveros.

Dado que esta especie por medio del transporte de un lugar a otro se ha ido diseminando por medio de semillas de papas u otro material vegetal de la planta.

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum.... Nematoda (Rudolphy, 1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)

Suborden .... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)

Familia .... Heterodiridae (Filip'eu y Schourmans Stekhoven, 1941)

Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)

Género..... Meloidogyne (Goeldi, 1887)

Especie.... *hapla* (Chitwood, 1949)

### **Distribución geográfica.**

Este nematodo septentrional de los nódulos radicales es la especie que prevalece en el Noroeste de los Estados Unidos y ha llegado a propagarse en el sur, está es otra especie que daña al cultivo de cacahuete y se ha encontrado en este cultivo en Virginia, Carolina del Norte y en ocasiones en Florida y no es muy presente (Christie 1982).

Se mencionan otras zonas donde se encuentra este nematodo distribuido en Australia, China, India, Israel, Sur de África, y Zambia.  
(<http://bonzi.commyhome.asp>.)

### **Morfología.**

Para identificar a *M. hapla*, se ha usado el modelo perineal en hembras a menudo se hacen diagnóstico de la especie, por lo general el modelo es redondeado y con puntuaciones distintas arriba del ano al final de cola.

(<http://nematode.unl.edu/tylench/heterod/meloidogyne/Mhap.htm>)

Esta es una de las características mas comunes para diferenciar ha *M. hapla* que son las puntuaciones únicas en esta especie.

(<http://nematode.unl.edu/tylench/heterod/meloidogyne/Mhap.htm>)

Dado que este nematodo cuenta con líneas laterales que son marcadas por ligeras irregularidades de la estría o ala estría del sector dorsal y ventral se puede conocer con un ligero ángulo según las líneas. El arco es pequeño, algo redondeado, también la estría ventral es frecuentemente extendida lateralmente en forma de "alas" sobre o ambos lados. La simetría de la muestra pirenial es donde existe una ruptura, donde la estría de ambos sectores son lisas o ligeramente onduladas.

(<http://nematode.unl.edu/tylench/heterod/meloidogyne/Mhap.htm>)

Así mismo existen algunos reportes donde mencionan que los machos de *M hapla* que frecuentemente algunas colonias de este nematodo no tiene machos, mientras que no otras hay numerosos, existen machos en miniaturas los cuales pueden ser la mitad de la longitud normal donde el macho es redondeado con una garra en la cabeza, pero no se extiende. Se ha considerado que la longitud va de 350 a 470 um y el estilete tiene perillas pequeñas y redondas

(<http://nematode.unl.edu/tylench/heterod/meloidogyne/Mhap.htm>)

### **Síntomas.**

Generalmente las infestaciones de *Meloidogyne hapla* se caracterizan por numerosas agallas pequeñas, aunque las agallas son largas están

formadas en los tubérculos de papa y rara vez en betabel y en otras raíces suculenta (Susan, 1967)

Teniendo infestaciones de *Meloidogyne* apenas es visible, el daño ocasionado por este nematodo no es observado a menudo por lo que se asegura hasta que las raíces son examinadas y obviamente las agallas encontradas, por lo que en el campo son escasos en un cultivo bien cultivado después de una temporada favorable para los nematodos que puede ser un factor determinativo para la producción( Susan,1967).

### **Ciclo biológico.**

El inicio del ciclo de vida comienza con huevecillos, por lo regular se conocen que se encuentran en estado unicelular, estos pueden ser depositados al aire sobre el suelo o bien dentro de un matriz gelatinoso, ocasionalmente puede estar adherida al tejido de la misma planta hospedera, se toma en cuenta el tiempo de desarrollo que inicia unas horas después de la oviposición, esta tiende a ocasionar divisiones que son de dos, cuatro y ocho o mas células, hasta que completa su etapa embrionaria, que al final se observa una larva completa bien desarrollada, con la formación de un estilete, enrollado al interior de la membrana del huevecillo, hasta esta etapa se considera el primer estadio larvario (juvenil) pero tiene la capacidad de moverse dentro del huevo considerando que no es muy activa; la primera muda tiene lugar en le huevecillo

y no es difícil ver separada la cutícula del primer estadio larvario, poco después, la larva emerge a través de un agujero que hace en un extremo de la membrana del huevesillo. La larva del segundo estadio que ha emergido puede dejar o no inmediatamente la masa de huevecillos (SARH, 1987).

Dado que la larvas penetran, después de la inoculación, esta larva entra en la punta de la raíz, con su estilete perfora las paredes y entra la cabeza e inyecta secreciones de la glándula esofágica dorsal, la formación de células grandes, alrededor de la cabeza de la larva. Debido a este mecanismo la formación está se caracteriza por el bloqueo de los vasos donde se conduce la savia. (<http://inra.fr/internet/produits/hyppz/Ravageur/Gmelspp>).

Cuando se completa la segunda y tercera muda, desaparece el estilete y el bulbo medio esofágico, después de cuarta muda el estilete y bulbo medio son regenerados, donde se forma el útero y la vagina, el patrón perineal se hace visible, el macho antes de la segunda y tercer muda el estilete, no es muy visible, el bulbo medio, posteriormente ocurre una metamorfosis: el cuerpo alargado se desarrolla dentro de una cutícula larvaria, se completa con el estilete, el esófago con el bulbo medio y las espículas y el esperma en los testículos (Cepeda, 1996).

## **Métodos de control para *Meloidogyne hapla*.**

Existen varios métodos para el control del nematodo por lo que se utiliza para darle un manejo adecuado para que no nos afecte en la producción y calidad.

### **Cultural.**

La rotación de cultivos es una labor en la cual reduce la población de este nematodo en el suelo donde probablemente este método es el más efectivo de todos. Aclarando la situación que un nematodo con un incremento rara vez puede ser controlado de esta manera (Susan, 1967).

Las especies de *Meloidogyne* son controladas principalmente por la rotación de cultivos no susceptibles como: el algodón, maíz, avena, cebada, trigo y centeno, por lo que se toma en cuenta que *Meloidogyne hapla* se alimenta principalmente de papa, tomate, soja, ya que de esta manera se puede tener un control favorable (Susan, 1967).

### **Barbecho.**

Este es otra práctica usada que se incluye en lugares para la exposición en la parte superior a la cual le llega la radiación solar y se deshidratan, por lo

que se inicia la reducción drásticamente del numero grande de población de capas en la superficie expuesta (Susan,1967).

### **Físico**

Por otra parte ya que se conoce al nematodo y sabemos que es susceptible a temperaturas altas, existen métodos para poder erradicar por medio de tratamientos de agua caliente que inhibe el proceso de infección de los nematodos.

### **Solarización.**

El uso de la energía solar y el polietileno tiene importancia para el control de nematodos, ya que al usar esta técnica se tiende a disminuir la densidades de las poblaciones que se encuentre en el suelo (Mandulu, y Trudgill, 1994).

### **Químico.**

El uso de este método es que al aplicarse el nematicida es costoso y que requiere de manejo adecuado, un experto y maquinaria especializada. Se mencionan los productos baratos y efectivos nematicidas son:

DBCP (1-2 Dibromochlopropene)

Fensulfothion 15% granular es de 15- 20 kg/ha.

( Susan,1967)

### ***Meloidogyne arenaria.***

Este nematodo del nudo de la raíz en cacahuete que como su nombre vulgar lo indica, es una de las clases que infesta a estas plantas, sobre este cultivo, se ha encontrado en una superficie considerada en el sureste de Alabama y en el sureste de Georgia ( Christie 1982).

Se menciona que *Meloidogyne arenaria* se considera de importancia económica mundial por su incremento. Se encuentra en regiones calurosas y rara vez en áreas donde la temperatura media mensual se acerca a heladas.

Se han encontrado 2 razas que no pueden reproducirse, pero la raza 1 si se reproduce ya que es una especie paratenogénica mitótica con un número de cromosomas en un rango de 30-50.

### **Importancia económica**

Neal menciona que *Meloidogyne. arenaria* es otro patógeno que causa pérdidas significativas en plantaciones de cacahuete en extensas áreas. En experimentos actuales tratan de encontrar líneas de cacahuets capaces de presentar ciertos niveles de resistencia.

([http://www.\(verdad\).com/canalagro/datos/frutas/frutossecos/cacahuete2htm#7](http://www.(verdad).com/canalagro/datos/frutas/frutossecos/cacahuete2htm#7)).

Se menciona que nuevas formas de cacahuete del extranjero pueden traer alivio a los agricultores de cacahuete del sur ya que se encuentran atormentados por pérdidas que se acercan a 20 - 40 millones de pesos anualmente en pérdidas y controles químicos.

<http://www.verdad.com/canalagro/datos/frutas/frutossecos/cacahuete2htm#7>).

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum .... Nematoda (Rudolphy, 1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)

Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)

Familia .... Heterodiridae (Filip'eu y Schourmans Stekhoven, 1941)

Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)

Genero.... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)

Especie.... *arenaria* (Neal; 1889, chitwood 1942)

### **Ciclo de vida.**

Se menciona que todas las especies de *Meloidogyne* tienen el mismo tipo de ciclo de vida ( Susan. 1967).

El ciclo de vida se inicia con la postura de las masas de huevos. Después de la eclosión, los juveniles en segundo estado (J2) migran a través del suelo

atraídos por las raíces de las plantas hospederas. Los J2 se agregan en la zona del meristemático apical, elongación celular y cerca del punto de emergencia de las raíces laterales.

Los J2 usualmente penetran la raíz justo detrás de la cofia (punta de la raíz). La penetración involucra la acción mecánica del estilete y la acción de enzimas segregadas por las glándulas del esófago. Después de la penetración, los J2 migran intercelularmente hasta alcanzar el floema primario o también las células indiferenciadas del parénquima adyacente, en donde se fijan e inician la alimentación.

En respuesta a la alimentación, el tejido de la planta experimenta cambios en su morfología y fisiología, probablemente como respuesta a las secreciones del nemátodo y a sustancias producidas por la planta. Algunas células del parénquima se transforman en células nodriza, también llamadas células gigantes, que son células hipertrofiadas multinucleadas de donde el nemátodo obtiene su alimento. La formación de estas células es de vital importancia para que el nematodo continúe su desarrollo. El J2 adquiere forma aberrante (salchicha), deja de alimentarse y muda 3 veces hasta convertirse en un macho o hembra adulta. Los machos, en la cuarta muda asumen el aspecto vermiforme, salen de la raíz y no se alimentan, mientras que las hembras adquieren forma de pera, reinician la alimentación en las mismas células gigantes, y se mantienen sedentarias por el resto de sus vidas. Una hembra deposita entre 500 a 1000 huevos en una matriz de gelatina (masa de huevos),

generalmente en la superficie de la raíz.. El ciclo de vida es dependiente de la temperatura del suelo y del tipo de planta hospedera; generalmente, en zonas tropicales el ciclo se completa entre 21 y 28 días.

### **Morfología e identificación.**

Se describen características morfológicas importantes en detalle con el modelo perineal; la característica que a menudo se observa es un arco dorsal que esta bajo y redondeado, con estrías que van de lisa a ondulado, el estilete de la hembra es de (13 - 17um) es robusto y se caracteriza por que es ancho en las perillas, la forma de la cabeza del machos bajo y redondeado y la segunda fase del estilete juvenil es de (10 - 12 um) bastante grande y distinto por las perillas separadas.

En estudios realizados de patrones perineales en estas especies son mas estrechos que se parecen a *M. hapla*, pero nunca con las puntuaciones cerca del ano (Thorne,1961).

### **Métodos de control**

En la actualidad cada día va siendo un factor mas limitante por la repetición de cultivos sensibles. Hoy en día se han determinado tierras infestadas y se han tenido que abandonar. En zanahorias.  
<http://www.eumedig.es/articulo/var./hortfurt/jonzannahenf,htm/nematodo>

Los nematodos que causan daños en raíces de cacahuates es el nematodo *Meloidogyne arenaria*, y seguido de *M. javanica*, *hapla* ya que las condiciones cálidas son favorables.

La lucha contra los nematodos se nos presenta muy difícil. Debido a la gran resistencia que se presenta frente a los agentes físicos y químicos para ello se han implementado varios métodos.

### **Físico.**

Para este nematodo se ha usado la tierra con vapor o con agua caliente que puede resultar eficaz, ya que los nematodos no soportan temperaturas de 40<sup>0</sup> y 50<sup>0</sup> C. y es lo que le causa la muerte, este sistema se ha usado muy bien en semilleros y en invernaderos.

<http://www.eumedig.es/articulo/var./hortfurt/jonzannnahenf,htm/nematodo>

### **Culturales.**

Existen en primer lugar, medidas preventivas consistentes que evitan que la plaga no se traslade de un campo a otro; este se lleva a cabo, lavando muy

bien los aperos de labranza, las ruedas de la maquinaria, etc. que hayan estado trabajando en campos contaminados.

<http://www.eumedig.es/articulo/var./hortfurt/jonzannahenf,htm/nematodo>

Hay una actividad desde varios años que es eficiente es la rotación de cultivos, una vez conocida la especie que existe en el campo ya que las preferidas por la especie no se debe de sembrar frecuentemente por lo menos debe de dejar un tiempo de 5 años.

<http://www.eumedig.es/articulo/var./hortfurt/jonzannahenf,htm/nematodo>

### **Químico.**

En la actualidad existen varios compuestos químicos indicados para combatir los nematodos, de los cuales son eficaces, siempre y cuando estén bien aplicados aunque son caros y altamente tóxicos.

<http://www.eumedig.es/articulo/var./hortfurt/jonzannahenf,htm/nematodo>

Bromuro de metilo. Dicloropropeno. Metam - sodio o enzane.

Otro estudio realizado para el cacahuete es el uso de :

Nemacur a una dosis de 4.5 - 31.5 kg/ha.

### ***Meloidogyne exigua.***

Salas y Ehandi en 1961 mencionado por Shieber en (1966) reportaron a *Meloidogyne exigua* y *Pratylenchus. coffea*, encontrándolos en abundancia en el sistema de las raíces del cafeto observados en Costa Rica. Para este país Román (1978), menciona que *Meloidogyne exigua* es el causante de clorosis, defoliaciones poco desarrollo radical y mermas del rendimiento en las plantaciones definitivas. (Cepeda, 1990).

Se menciona que para México, el estudio de los nematodos asociados al cafeto es nuevo y la importancia que se le ha dado a estos fitopatogenos no es la debida, Vázquez en 1971 mencionado por Román (1978) informo que en México que el nematodo destructivo de los cafetos es *Meloidogyne exigua* causando la muerte a un 85% de los arbolitos resembrados, al destruir las raíces secundarias y terciarias con lo cual se tiene en cuenta que es la base de la planta y al no estar fuerte, se inicia un gran debilitamiento de la misma (Cepeda ,1990).

### **Distribución.**

Este nematodo del cafeto tiene amplia distribución, donde existe su hospedero *Coffea arabica*, los lugares donde se encuentra a *Meloidogyne*

*exigua* es en Brasil, Colombia, Perú, Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Republica Dominicana, Venezuela, Puerto Rico y México ( Cepeda ,1990).

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum.... Nematoda (Rudolphy,1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)

Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)

Familia.... Heterodiridae (Filip'eu y Schourmans Stekhoven, 1941)

Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)

Genero..... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)

Especie.... *exigua* (Goeldi, 1887)

### **Morfología**

La morfología de esta especie se conoce por los arcos bien formados son moderadamente bajos y planeados, mientras que la estria del basto ventral frecuentemente están rotos. Las áreas laterales marcadas por numerosas estrias dobladas y rotas las cuales algunas veces forman pares de verticulos opuestos al ano. (Thorne 1961).

## **Descripción y daño.**

Cepeda (1990), menciona que comúnmente son llamados nematodos de los nódulos radiculares, esto es por la forma en que parasitan las plantas, para la identificación de especies de *Meloidogyne* se tiene que realizar cortes perineales y de acuerdo a la distribución de dos líneas que rodean el ano y la vulva es como se dice de que especie se trata. Son de forma globosa (hembra) y blanquecina con un comportamiento endoparásito migratorio, su ciclo de vida varia de 20 a 30 días.

La oviposición la realiza en bolsas gelatinosas (matriz) que tienen un promedio de 400 a 600 huevos por bolsa. Este prácticamente es el nematodo que ataca al cafeto. El daño exclusivamente de este, puede ser hasta de un 15% en la producción. La afectación es causado básicamente a partir del segundo estadio larvario penetra a la raíz formándose visibles nodulaciones que se van incrementados, se pueden observar zonas necróticas en la mayoría de las raíces, en la parte aérea se manifiesta una falta de vigor y lento crecimiento de la planta (Cepeda ,1990).

En nivel critico en una raíz observada, es cuando se presenta un 30% de infestación. En cafetales que presentan este problema en estado avanzado

deben eliminarse como ya no habria un efectivo y recomendable control químico (Cepeda, 1990).

## **Métodos de control**

### **Legal.**

Existen Normas Oficiales que se conocen como leyes que permiten tratar el material considerado como afectado por determinado problema fotosanitario. Las cuarentenas son un medio de gran utilidad para prevenir la entrada de nematodos a lugares donde se encuentran infestados a aquellos que se encuentran libres del problema (Cepeda ,1990).

### **Físico.**

Se realiza mediante electricidad, radiaciones pasteurización solar, calor etc, es efectiva la utilización de agua caliente aplicándolo al suelo por 30 minutos a 82<sup>0</sup> C (Cepeda ,1990).

### **Cultural.**

Desde hace tiempo se realizan otras practicas como son: provocación de encharcamiento, rotación de cultivos, época de siembra,

abonamiento orgánico, destrucción de plantas afectadas, nutrición y cuidados, la utilización de semilla y planta no contaminada (Cepeda ,1990).

### **Biológico.**

Es el uso de enemigos naturales de los nematodos tales como hongos, bacterias, virus, insectos, protozoarios y otros nematodos.

Dentro de los hongos, los mas sobresalientes nematofagos son algunos Hypomicetes y Euopogales (Nematophora) *qymosphila*, *Arthobitris aligospopa*, *dactiloria cadida*, *Dactilella sp*, *Paecilomyces lilacinius*.

Cuando se menciona sobre los insectos, se han observado a algunos *colembolos* alimentándose de nematodos.

Alguno protozoarios han sido observados alimentándose de nematodos como en el caso de una ameba *Theratromxa webera*.

Generalmente existe otro método como el medio del uso de nematodos predadores; estos son saprofitos los que han observado engullendo nematodos fitoparasitos. Dentro de estos se tienen a *Mononchus*, *Trypila*, *Seinura*, *Discalaimus*, *Dorilaimus*, *Actinolaimus* ,etc, los nematodos del genero

*Seinura*, inyectan sustancias tóxicas que paralizan a otros nematodos, para posteriormente ingerir su contenido celular (Cepeda,1990).

### **Químico.**

Dado que se han realizado investigaciones en distintos países como: Brasil, Costa Rica, El Salvador, Honduras y otros, estos trabajos hechos recomiendan la utilización de productos como:

Furadan 5G 15 gramos por planta

Temik 10 G 10 gramos por planta

Mocap 10 G 20 gramos por planta

Nemacur 10 G 20 gramos por planta

Después de realizar la aplicación del producto se recomienda alrededor de la planta una incorporación ligera y regar después (Cepeda ,1996).

### ***Meloidogyne graminicola*. Golden & Birchfiel. 1968.**

Tullis (1934) fue el primer investigador en notificar una enfermedad del arroz debido al nematodo del nudo de raíz , en Arkansas, Estados Unidos. El nematodo fue entonces mencionado como *Heterodera marioni*, (Cornu) Goodey, ahora calificado como *Meloidogyne*. Steiner (1934) También encontró en invernadero previamente en una cama encontró en donde se usaría para

tabaco. Ichinohe (1955) reporto una enfermedad sobre un variedad de arroz en China, Japón. El nematodo fue nombrado como *Meloidogyne incognita* var. *Acrita Chitwood* 1949. Van dar Linde (1956) reportó en el Sur de África que Meloidogyne javanica Treub, 1885, Chitwood 1949, M. Incognita var. acrita y M. arenaria subespecie thamesi chitwood, 1952 penetra y reproduce en arroz pero no M. hapla chitwood 1949. Kanjanasson (1964) reportó que casi 2000 hectáreas al noroeste de Tailandia, donde el tabaco, soja y verduras son cultivadas en la practica de rotación de cultivos con el arroz, fueron generalmente infectadas, y Hsahioka (1963) encontró en las profundidades del agua del arroz flotando en la región de Tailandia. Los nematodos al noroeste de Tailandia fueron mencionados como *M. javanica* y aquellos en el área de aguas profundas como *M. exigua* (By S, H, OU, PH, K, 1972)

Israel Rao y Rao (1964) reporto a M. incognita var. acrita sobre arroz en la India pero los nematodos fueron más tarde identificados como Meloidogyne graminicola por (Golden y Birchfield 1968).

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum.... Nematoda (Rudolphy,1908)

Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)

Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)

Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)

Familia.... Heterodiridae (Filip' eu y Schourmans Stekhoven, 1941)

Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)

Genero..... *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)

Especie.... *graminicola* (Golden y Birchfiel 1968)

### **Distribución.**

Este nematodo se conoce que tiene una distribución que se encuentra en lugares como: en la India, Japón, Sur de África y Tailandia, ya que es donde existen factores que le favorecen para su desarrollo y también su hospedero (By S, H, OU, PH, K, 1972).

### **Síntomas y daños.**

Las características más comunes son los síntomas es el alargamiento y la formación de nudos en las raíces en las plántulas. Por lo cual el crecimiento de raíz se detiene, usualmente no se presenta en el follaje, pero en casos severos las plantas son engendradas y las tornan de color amarillento secándose las oricas más pequeñas (By S, H, OU, PH, K, 1972).

El daño causado es normalmente ligero y de un transitorio natural. Se menciona que el nematodo que da in activo después de una larga inundación que este puede servir como un medio de control para el nematodo en el cultivo del arroz.

Se menciona que *M. graminicola* requiere de un mínimo de 41 horas para que la larva penetre bien fijada la cabeza adentro de la raíz afectando el meristemo apical. La hiperplasia y hipertrofia comienza en las células

corticales. Las agallas se forman a las 72 horas. Después de 4 días de la invasión.

El síntoma de la des coloración de las plántulas inicial rededor de 10 - 12 días después de la inoculación, seguida por un secamiento y bronceado de las extremidades de las cuales avanzan hacia abajo y del margen. Los síntomas son prominentes en plantas de 50 días de edad. Mientras que la edad de la planta avanza, los síntomas se quedan y son menos marcados (Susan, 1967)

Se menciona que los brotes nuevos de plantas infectadas son reducidas altamente. Las planta infectadas severamente demuestran severamente un temprano floramiento y una pobre producción de granos (Susan, 1967).

El desarrollo primordial de estas raíces al lado toma lugar, aparentemente compensa la pérdida de raíces afectadas la porción afectada de la raíz curvada y el lado convexo de esta curvatura un numero de raíces delgadas se desarrollan (Susan, 1967).

### **Métodos de Control.**

#### **Rotación de cultivos.**

Se menciona que este es un control muy eficiente dado que este nematodo no causa nudos radicales en estos cultivos: camote, maíz, trigo,

cebada, pimiento rojo, melón y higo, ya que es una buena alternativa para realizarla para no tener daño en el cultivo del arroz (Susan, 1967).

### **Químico.**

El uso de productos químicos se realiza para bajar la población que existe de nematodos, los efectos volátiles de nematicidas se sabe que alteran la actividad neuromuscular y actividad sensorial del nematodo.

El producto recomendando que desempeña un papel son los carbamatos, carbufuran y oxamil, que actúan sobre *M. graminicola*. (Mohammad; Hague, 1987).

### ***Meloidogyne nassi.***

Se menciona que *M. nassi* es una de las pocas especies de *Meloidogyne*. Que pasa en el campo en áreas de climas templados. Este nematodo fue registrado para pastos y cereales antes de 1952. Lo cual varios años mas tarde fue descrito por Franklin (1965) como una especie nueva, donde se considera un nematodo polifago el cual ataca a la cebada, trigo, centeno, vetabel, remolacha y cebolla y varias monocotiledoneas así como malezas dicoledoneas.

Se dice que en Europa la avena es una población pobre mientras que en Estados Unidos *M. nassi* en avena infecta rápidamente (Webster, 1972).

### **Distribución.**

Este nematodo se ha reportado donde tiene condiciones favorables como: Inglaterra, Bélgica, Francia, Alemania, Yugoslavia, Irán, Holanda y Estados Unidos. ya que en estos lugares existen hospederos del nematodo (Webster, 1972).

### **Clasificación taxonómica.**

Phylum.... Nematoda (Rudolphy, 1908)  
Clase.... Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)  
Orden.... Tylenchida (Thorne, 1949)  
Suborden.... Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)  
Familia.... Heterodiridae (Filip' eu y Schourmans Stekhoven, 1941)  
Subfamilia.... Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)  
Genero..... Meloidogyne (Goeldi, 1887)  
Especie.... *naasi* (Franklin, 1965).

## **Síntomas.**

El ataque de *Meloidogyne naasi* en cereales es exactamente parecido a aquellas causadas por *avenae*, las parcelas cultivadas pobremente se desarrollan plantas amarillentas que tienen una venación en tamaño de unos cuantos metros cuadrados en áreas más grandes. Mas tarde en la época de empuñaduras de estas parcelas es retardada o ausente.

*Meloidogyne naasi* causa típicamente agallamientos en las raíces especialmente en las puntas de las raíces. Las agallas son siempre en forma de curvas, herraduras o tiene forma también de espiral o caracol (Webster, 1972).

## **Biología.**

Dado que la larva joven invade las raíces de los cereales al comienzo de la siembra al mes o mes y medio de germinación, mas tarde los cereales sembrados en la primavera y los cereales al principio del otoño son invadidos dentro de un mes mas temprano.

En esta primavera la etapa de ataques de pequeñas agallas en las raíces pueden ser observadas. El desarrollo de la larva y hembras que dan casi en forma esférica, rápidamente el cuello de la rama del cuerpo de la hembra con ovals en un saco, el óvulo ocurre de 8 - 10 semanas después de sembrar y estas son generalmente introducidos al tejido de las agallas (Webster, 1972).

Franklin y Clarke y Shneider 1967, se dicen que la biología de *Meloidogyne nassi* recaen en diferentes comentarios sobre el numero de generaciones que tiene por año, este nematodo (Webster, 1972).

En Inglaterra la cebada solamente ocurre una generación por lo que en Francia se desarrolla 3 generaciones en Rye grass posiblemente por lo que el periodo de siembra de este cultivo es por año en Países Bajos.

### **Influencias del ambiente.**

Este nematodo fue reorganizado recientemente ya que es poco conocido acerca de las condiciones favorables para su desarrollo.

Se menciona que cuando se exponen a bajas temperaturas o seguida por exposiciones a temperaturas calurosas provoca la estimulación de óvulos y esto puede variar con el biotipo del nematodo.

En las regiones templadas las fluctuaciones de temperaturas estacional de invierno a primavera probablemente provee este requerimiento.

Las condiciones a una mayor capacidad de agua en el suelo a mayor profundidad en época de siembra favorece a la dispersión de la larva de *M. nassi*, sobre estas condiciones y en la prevención de malezas o hierbas de

gramíneas, el nematodo mantendrá una población numerosa de nematodos (Webster, 1972).

## Bibliografía.

- Agrios, N.G. 1985. Fitopatología, 1ª Ed., Ed. Limusa México, D. F. 838 p.
- Aguilar, M. R. 1997. Nematodos Asociados al cultivo papa, (*Solanum tuberosom L.*) UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México, 187p.
- Brodie, B. B. 1984. "Nematodes parasites of potato" en plant and nematodes. Marcel, Nueva York , pags 167-212 .
- Brown, S, M. y G. Smart 1985. "Root penetration by *Meloidogyne incognita* juveniles infected with *Bacillus penetrans*, Nematology 17 pags. 123-126.
- By S. H.UO.PH.K. 1972. Rice disease, Pathologist, t he internacional. Rice Instituto, los baños, laguna, philipinas, 367 p.
- Cepeda, S. M. 1996. Nematologia Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía Departamento de Parasitología. Agrícola. México Trillas.
- Cepeda, S. M. Bahema F. J. 1996. Nematodos Asociados al cultivo de café (*Coffea arabica*) Departamento de parasitología UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 26 pp.
- Cepeda, S.M. 1996. Nematología Agrícola, 1ª Ed., Ed. Trillas, México, D. F. 305 p.
- Cepeda S.M. y J. M. Lara. 1991. " Control biológico de *Meloidogyne incognita* *Chitwood* por *Paecilomyces lilacinus* TOM). Samson en suelo de Navidad, Municipio de Galeana, Nuevo León " Agraria 7 (2) pag 164.

- Christie, J.R. 1982. Nematodos de los vegetales su ecología y control, Ed. Limusa, México. 275 p.
- Esser, R.P. y Cols. 1976. A diagnostic compedium of the genus *Meloidogyne* (Nematode: *Heteroderidae*). Proc. Helminthol, Soc. Wash. 43 (2) pags 138-150 p.
- Filipjev, I.N. y J.H. Stekhoven, Jr. 1941. A manual of Agricultural Helminthology, Brill, Leiden. 878p.
- Franklin, M. T. 1962 "Preparation of posterior cuticular patterns of *Meloidogyne spp* for identification". Nematol 7 (2) pags 336-337.
- Golden M. S.; J. H. O Bannon; G.S. Santo and A.M. Finley, 1980. Description and S.E.M Observation of *Meloidogyne chitwoodi* (Meloidoginidae) a root knot .
- Guiran, G. y M. Ritter, 1979. "Life cycle of *Meloidogyne especies* and factors Influencing their development" en Root- Knot nematodes (*Meloidogyne spp.*); Systematics and control Academic press, Nueva york, pags 172-191.
- Jatala, P, 1980. Nematodos parásitos de la papa. Boletín de Información Técnica. Centro internacional de la papa. Lima, Perú. 20p.
- Jatala P. y Cols, 1979. "Biological control of *Meloidogyne incognita*, *acrita* and *Globodera pallida* on potatoes, J. Nematology 11, pag 303.
- John, M. Cuebster. 1972. Pestology Centre Departament of Biological Sciencies, Simon Fraser. B. C. Canada. Economy Nematology.
- Katan, J. and D.E James. 1991. Soil Solarización, CRS Press, Inc. Printed in USA. 267 P.
- Luc , M. A.R. Maggenti y R. Fortuner. 1988. A Reappraisal of Tylenchina (Nemata). 9. The Family Heteroderidae, Filipe'u & Shuurmans

- Mandulo, J. D. y Truggill. Dil. 1994. Influence of Temperature on development and Survival of *Meloidogyne javanica*. *Nematologia*. 40. (2). Pags.230-243.
- Mai W. F. y G. Abami, 1987. Interactions among root-knot nematodos and *fusarium* wilt fungi on host plants, *Ann Rev, Phytopatology*. 25 Pags 317-338.
- Mankau, R. 1980. "Biological control of nematode pest by natural enemigos", *Ann, Rev, Phytopatology*, 18. pags. 415.
- Montes, B. R. 1988. *Nematología Vegetal en México*, 1ª Ed., Investigación Documental, México. 17-18 pp.
- Morgan Jones, G. y R. Rodríguez Kaban. 1985. Phytonematode pathology: fungal modes of actino, A perspective. *Dep. Of Bot., pl. Path. & Microbiol., Alabama 36849, USA*. 15:1, 107-114; 29 ref.
- Morgan Jones, G. y Cols. 1984. "*Phytonematode Pathology: ultraestructural studies*". Parasitism of *Meloidogyne arenaria* eggs and larvae by *Paecylomices lilacinus*, *Nematropica*, 14 (1), pags 57-71.
- Owinio, P.O. Waudu. S.W. Sikora. R.A. 1993. Biological Control of *Meloidogyne javanica*. Kenya Effect of plant residuos benomil and descompocisión products. Of mustard. *Brassica Campestris*. *Nematologia*. 39 (1) pags. 127-134.
- Philis, I. 1984. The development of *Meloidogyne javanica* on tomato in cyprus. *Nematologia* 30. (1-4). pags. 470-473.
- Roberto, P . Van Gudy, S. D. y Waines , J. G. 1982. Reaction of wild and domesticated Triticum and Aegilaps species to knot nematode *Meloidogyne* *Nematologia* 28 pags 182-191.

Sikora, R. A. Walker, B. B. Taylor, D.P & Edwards D.I. 1979 *Reductha*, and *Meloidogyne naasi* 1979. Infection of Creeping Betgrass by *Tylenchus agri* and *Paratichodorus ninor*. *Nematol.* 25. pags179-183.

Susan, D. Feakin. B.S.C. 1990. Pans Manual No 3 Pest Control in Rice 270 pp.

Stekhoven, 1941. A Reappraisal of *Tylenchina* (Nemata). *Revue Nematol.* 11 (2): 159-462.

Sitaramiak, K. y Pathak, F.N. 1979. Effecto of phenolics and aromatic acid on *Meloidogyne javanica* infeting tomato. *Nematologia* 25. Pags. 281-287.

Taylor A. L.; y S. N. Sasser. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulos de la raíz proyecto internacional de *Meloidogyne*, Carolina del Norte. U.S.A.

Thomason, J. I. 1985. "Nematicides" en *Fitonematología I*, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México pags 235-257.

Thorne, 1961. *Principales of Nematologi Generald.* Universidad of Wisconsin Formeli serior nematologist 553 p.

## Internet.

(<http://www.eppo.org/Quarantine/Data-sheets/dsmelgfa.html>.)

(<http://www.eppo.org/recursos/Arrows-esma1.sig>).

(<http://bonzi.com/Myhome.asp>.)

(<http://www.ucmes/inf/rsehn/biend/iz/biz-zna.htm#zna30>)

(<http://nematode.unl.edu/tylench/heterod/meloidogyne/Mhap.htm>)

(<http://inra.fr/internet/produits/hyppz/Ravageur/Gmelspp>).

(<http://www.verdad.com/canalagro/datos/frutas/frutossecos/cacahuete2htm#7>).

(<http://www.eumedig.es/articulo/var./hortfurt/jonzannahenf,htm/nematodo>)