

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



CONTROL DEL NEMATODO DE LOS NÓDULOS RADICULARES *Meloidogyne incognita* EN EL CULTIVO DE MELÓN EN LA COMARCA LAGUNERA DE DURANGO.

POR

MARIO ANGEL MORALES DE LA TORRE

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE 2007

TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO


APROBADA POR:

PRESIDENTE:



ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO.

VOCAL:



PhD. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

VOCAL:



DR. TEODORO HERRERA PÉREZ

VOCAL SUPLENTE:

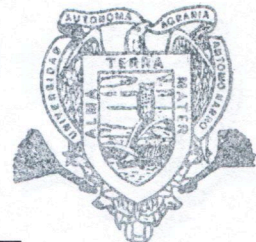


M.C. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

CORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:



M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

CONTROL DEL NEMATODO DE LOS NÓDULOS RADICULARES *Meloidogyne incognita* EN EL CULTIVO DE MELÓN EN LA COMARCA LAGUNERA DE DURANGO.

POR

MARIO ANGEL MORALES DE LA TORRE

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

ASESOR PRINCIPAL:



ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

ASESOR:



PH.D. FLORENCIO JIMENES DÍAZ

ASESOR:



M.C. JAVIER LÓPEZ HERNANDEZ

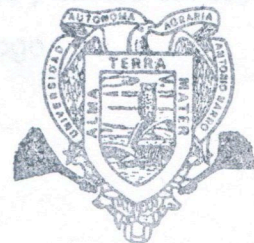
ASESOR:

M.C. ERNESTO HERNANDEZ MENDIETA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS



M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE 2007

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la vida e iluminar mi camino y permitirme terminar mis estudios de licenciatura, infinitas gracias por estar con mis seres queridos y conmigo en todo momento.

A mi “Alma Terra Mater” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitir realizar mis estudios bajo los conocimientos de los maestros que forman a esta Institución, proporcionándome todo lo necesario durante mi estancia dentro de ella.

A mis sinodales Ing. José Alonso Escobedo , PhD. Florencio Jiménez Díaz, PhD. Teodoro Herrera Pérez, M.C. Javier López Hernández por su confianza depositada en mi para llevar a cabo este proyecto de tesis y por su amistad inigualable. Gracias por su enriquecedora sabiduría.

Al Departamento de Parasitología formado por los maestros; Ing. José Alonso Escobedo, PhD. Florencio Jiménez Díaz, PhD. Teodoro Herrera Pérez, M.C. Javier López Hernández, PhD. Vicente Hernández Hernández, Bertha Alicia Cisneros Flores, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, M. Sc. Ma. Teresa Valdés Perezgasga, Biol. Claudio Ibarra Rubio. Por sus enseñanzas y sabios consejos que ayudaron a graduarme como Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Al Sr. Rosendo Morales de la Torre. Con mucho cariño y afecto, por el incondicional apoyo que me ha brindado en toda mi vida, por sus consejos que me ayudaron a ser una apersona de bien, por el ejemplo de seguridad y perseverancia, por darme la confianza que necesité para terminar con este proceso de formación. Gracias a ti papá porque sin ti no hubiera podido terminar esta licenciatura. Te quiero mucho papá.

A la Sra María Ángela Ventura González. Con mucho Amor para ti Madrecita, se que no te tuve conmigo durante las diferentes etapas de mi vida, pero se que siempre me acompañaste en los momentos alegres y tristes de mi vida. Te amo mucho. Gracias por estar conmigo en todo momento dándome el aliento necesario para seguir adelante.

A mis Hermanos:

Víctor Manuel Morales Ventura, Blanca Areli Morales de la Torre, Lorena Morales Ventura, David Morales Ventura, Ariel Morales Ventura y Edgar Morales Ventura por todos sus ejemplos y consejos que me ayudaron a salir adelante, por el apoyo que me brindaron durante esta etapa muy importante de mi vida, por depositar su confianza y creer en mi. Gracias a los cinco porque sin ustedes no hubiera logrado hacer realidad mis sueños. Gracias por todo hermanos.

A ti Elizabeth por ser mi novia y amiga incondicional, por estar conmigo cuando más te necesite, por el apoyo incondicional que me brindaste. Gracias por estar conmigo en este proceso de formación tan importante de mi vida. Te amo.

A mis amigos:

Que siempre estuvieron conmigo animándome a terminar esta licenciatura y por todos los momentos que compartimos juntos.

RESUMEN

En la República Mexicana, las principales cucurbitáceas cultivadas son la calabacita (*Cucúrbita* spp), melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf]. Uno de los de mayor importancia es el melón, tanto por la superficie dedicada a su cultivo, como generador de divisas (alrededor de 90 millones de dólares anuales) y de empleos en el área rural. (Espinoza, 1998).

Una de las plagas más destructivas de las cucurbitáceas (sandía, melón, calabaza, pepino, etc.) y distribuidas en todo el país son cuatro especies de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*, nematodos fitoparásitos microscópicos que se encuentran en el suelo y raíces de plantas. Estos nematodos se alimentan perforando las raíces de las células y succionando los contenidos líquidos. A nivel mundial, la gama de hospederos de *Meloidogyne* spp., comprende más de 2000 especies de plantas, que representa casi todas las familias vegetales. En México, los cultivos de importancia económica que han sido atacados por este nematodo son: aguacate, alfalfa, algodón, amaranto, cacahuate, calabaza, cafeto, cebolla, chile, col, fresa, frijol, garbanzo, guayabo, maíz, manzano, durazno, melón, plátano, papa, papaya, quelite, sandía, tabaco, tomate, vid y otros (Cepeda, 1996).

El presente estudio se realizó en un lote comercial de melón de la variedad Aclaim (Rogers®) en el Rancho La Granja, propiedad del Sr. Heberto Alba, en el Mpio. de Bermejillo, Dgo., ubicado geográficamente a los 25° 56' 23.15" de latitud norte, 103° 36' 48.29" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1098 m.

Los tratamientos evaluados se ubicaron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental constó de 3 camas de 1.8 m de separación por 10 m de largo, teniéndose 54.0 m² por unidad experimental y 216.0 m² por tratamiento. Los tratamientos bajo estudio incluyeron a Abamectina (Avicta FS 400) con las siguientes concentraciones: 120.0, 160.0, 200.0, 240.0 y 400.0, mg i.a./1000 semillas y Oxamil (Vydate L®) a razón de 1356 g i.a./ha (5215.38 ml/ha), quedando libre de aplicaciones el testigo absoluto.

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: Las dosis evaluadas de abamectina (Avicta 400 FS), así como el oxamil (Vydate L), ofrecieron un control eficaz del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en el cultivo de melón.

De las dosis evaluadas con abamectina, las que ofrecieron el mayor control de la plaga y presentaron el menor porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento fueron las de 0.40, 0.50, 0.60 y 1.0 ml/1000 semillas, con eficacias de control que oscilaron entre el 89.94 y 99.23% a los 30 días posteriores a la siembra. El tratamiento a base de oxamil ofreció un control inferior al de las dosis citadas en el punto anterior, no obstante a que por el método de aplicación presentó el menor número de juveniles por kilogramo de suelo; sin embargo, superó a la dosis de 0.30 ml/1000 semillas de abamectina, la cual no se sugiere para el control de la plaga evaluada.

Como resultado de la alta eficacia de control que ofrecieron las dosis mencionadas de abamectina, también se pudo detectar que el vigor del cultivo fue mayor en estos tratamientos, lo que se reflejó en un mayor diámetro de tallo, mayor número de guías por planta y mayor longitud y peso de raíz. Esto también demuestra que el nematicida abamectina, no presenta efectos fitotóxicos al cultivo de melón, ya que todos los parámetros evaluados para estos, fueron superiores al testigo absoluto. Se sugiere el uso de las dosis de 0.40, 0.50, 0.60 y 1.0 ml/1000 semillas de abamectina, dependiendo de la presión de la plaga en las diferentes zonas de cultivo.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
RESUMEN	III
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Características generales del melón	5
2.1.1. Origen	5
2.1.2. Clasificación taxonómica	5
2.1.3. Distribución geográfica	6
2.1.4. Especies cultivadas	7
2.1.5. Importancia de su cultivo	7
2.1.6. Características de la planta	8
2.2. Importancia del melón en México	8
2.2.1. Superficie sembrada	9
2.2.2. Producción	11
2.2.3. Consumo	12
2.2.4. Comercialización	13
2.2.5. Exportación	13
2.3. Importancia del melón de la Comarca Lagunera	16
2.4. Problemas fitosanitarios del melón	16
2.4.1. Artrópodos plaga del melón	16
2.4.2. Enfermedades causadas por hongos	17
2.4.3. Enfermedades causadas por virus	17
2.4.4. Enfermedades causadas por nematodos e historia	18
2.5. Taxonomía, morfología, biología, hábitos y daño de <i>Meloidogyne</i> spp	19

2.5.1. Ubicación taxonómica	19
2.5.2. Característica morfológica	20
2.5.3. Hospederos	21
2.5.4. Ciclo de vida	22
2.5.5. Síntomas de daño por <i>Meloidogyne</i>	24
2.5.5.1. Sintomatología	26
Índice de agallamiento	28
2.5.5.2. Efectos de la infección de <i>Meloidogyne</i> sobre el desarrollo de la planta	28
Efectos físicos	28
Efectos Fisiológicos	29
Predisposición	29
2.5.5.3. Interacción hospedero-parásito	30
2.6. Manejo integrado de nematodos	32
2.6.1. Control cultural	32
2.6.2. Rotación de cultivos	33
2.6.3. Variedades resistentes	36
2.6.4. Control biológico	37
2.6.5. Control químico	38
III. MATERIALES Y METODOS	45
3.1. Lugar de realización del estudio	45
3.2. Información técnica del producto evaluado	45
3.3. Plaga evaluada	46
3.4. Tratamientos	46
3.5. Diseño y unidad experimental	47
3.6. Aplicación de tratamientos	47
3.7. Evaluaciones y parámetros evaluados	47
3.8. Análisis de datos	48
3.9. Distribución de tratamientos	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	51
4.1. Análisis del número de J ₂ de <i>Meloidogyne incognita</i> por kilogramo de	51

suelo	
4.2. Análisis del vigor del cultivo (Diámetro de tallo, número de guías, longitud y peso de raíz)	53
4.2.1. Evaluación a los 20 días después de la aplicación	53
4.2.2. Evaluación a los 30 días después de la aplicación	54
4.3. Análisis del porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento	57
4.3.1. Evaluación a los 20 días después de la aplicación	57
4.3.2. Evaluación a los 30 días después de la aplicación	58
V. CONCLUSIONES	62
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. LITERATURA CITADA	64

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Paginas
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del melón	5
Cuadro 2. Superficie establecida con melón	10
Cuadro 3. Producción de melón en México de 1990 a 1998	12
Cuadro 4. Relación de exportaciones-producción de melón en México	15
Cuadro 5. Resumen de la producción de melón en La Comarca Lagunera	16
Cuadro 6. Tratamientos y dosis evaluadas en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador del melón (<i>Meloidogyne incognita</i>) en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	46
Cuadro 7. Escala visual para medir el índice de agallamiento en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	49
Cuadro 8. Escala de puntuación EWRS para evaluar el efecto fitotóxico del nematicida Avicta 400 FS al cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	49
Cuadro 9. Número de larvas del segundo estadio de <i>Meloidogyne incognita</i> por kilogramo de suelo en la evaluación previa al establecimiento de los tratamientos en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	51
Cuadro 10. Número de J ² de <i>Meloidogyne incognita</i> por kilogramo de suelo en los tratamientos evaluados a los 30 días después del establecimiento de los tratamiento en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007	52
Cuadro 11. Diámetro de tallo y número de guías del cultivo de melón a los 20 días después del establecimiento de los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	53
Cuadro 12. Longitud y peso fresco de raíz a los 20 días después del establecimiento de los tratamientos del cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	54
Cuadro 13. Diámetro de tallo y número de guía del melón a los 30 días después del establecimiento de los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	56

Cuadro 14. Longitud y peso fresco de la raíz a los 30 días después del establecimiento del melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	56
Cuadro 15. Porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento de <i>Meloidogyne incognita</i> en el cultivo de melón a los 20 días después de haber establecido los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	58
Cuadro 16. Porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento de <i>Meloidogyne incognita</i> en el cultivo de melón en la evaluación a los 30 días después de la siembra y tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	59
Fig. 1. Distribución de los parámetros evaluados del vigor del cultivo de melón en la segunda evaluación en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	57
Fig. 2. Porcentaje de daño en raíz por <i>M. incognita</i> en el cultivo de melón a los 20 y 30 días después de la aplicación en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	60
Fig. 3. Porcentaje de control de <i>M. incognita</i> en el cultivo de melón en evaluación a los 20 y 30 día después de la aplicación en los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.	61

I. INTRODUCCIÓN

La superficie sembrada de melón en La Comarca Lagunera ha presentado poca fluctuación a través de los últimos años, registrando una superficie de 4,283 Has en el ciclo agrícola primavera- verano 2001, que se incrementó a 4,996 en el mismo ciclo del 2004, y bajando a 4,311 Has en 2005, observándose un aumento considerable en el valor total de la producción del cultivo del ciclo agrícola 2001 al 2004 (Bastarrachea, 2007).

Las plagas y enfermedades en los cultivos hortícolas constituyen uno de los factores de mayor riesgo de pérdida en la producción. En general existen dos tipos de agentes causales de enfermedades en los cultivos: los bióticos (enfermedades parasitarias o infecciosas) donde se encuentran los hongos, virus, bacterias y los nematodos. Estos últimos son los causantes de las enfermedades más importantes en las hortalizas (Berzoza, 2005).

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo desde la siembra, desarrollo vegetativo, fructificación y cosecha, el melón puede ser afectado es por diferentes enfermedades ocasionadas por una gran diversidad de organismos entre los cuales se encuentran los hongos *Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp, *Colletotrichum orbiculare*, *Verticillium dahliae* Kleb., *Macrophomina phaseolina* (Tassi) y *Alternaria cucumerina*. Otros agentes causales de enfermedades son los virus entre los cuales están: Virus Mosaico del Pepino (VMP), Virus Mosaico de la Sandía variante 2(VMS-2), Virus Mancha Anular del Papayo variante Sandía (VMAP-S), Virus Mosaico de la Calabaza

(VMC), Virus Amarillo de Zucchini (VMAZ), Virus del Amarillento y Achaparramiento de las Cucurbitáceas (VAAC) (Chew y Jiménez, 2002).

Dentro de las plagas se encuentra: la mosquita blanca de la hoja plateada *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, minador de la hoja *Liriomyza sativa* Blanchard y *L. trifolii* (Burges), chicharrita *Empoasca fabae* (Harris), gusano Soldado *Spodoptera exigua* Hubner, gusano falso medidor *Trichoplusia ni* (Hubner), gusano barrenador de la guía *Diaphania nitidalis* (Stoll) y *D. hyalinata* L., grillo *Gryllus* (= *Acheta* spp), pulga saltona *Epitrix cucumeris* (Harris), diabrotica *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim y *D. balteata* LeConte, pulgón del melón *Aphis gossypii* Glover y la araña roja *Tetranychus* spp. (Ramírez *et al.*, 2002).

De igual manera se encuentran los nematodos asociados con este cultivo, dentro de los cuales el nematodo agallador o de los nódulos radiculares es el de mayor importancia económica por los daños que produce. En Texas, se reporta atacando a melón, al nematodo reniforme *Rotylenchulus reniformes*, el nematodo lesionado *Pratylenchus* sp., el nematodo lanza *Hoplolaimus* sp., y el nematodo de los falsos nódulos radiculares *Nacobus* sp., (Bruton *et al.*, 2004). Debido a que habitan en el suelo, los nematodos se encuentran entre las plagas más difíciles de diagnosticar, identificar y controlar. Sus efectos a menudo son subestimados por los agricultores, agrónomos y consultores en el manejo de plagas. Se estima que los nematodos fitoparásitos reducen en cerca de 12% la producción agrícola global (Stirling *et al.*, 2002). Los nematodos parásitos de plantas causan cada año en los Estados Unidos de América, una pérdida

estimada de 14% en cultivos de hortalizas y frutales económicamente importantes (Appleman y Hanmer, 2003).

Uno de los problemas fitopatológicos de mayor importancia en la producción de hortalizas es el daño causado por las especies del género *Meloidogyne*, conocido como nematodo agallador o nodulador, que se encuentra ampliamente distribuido en las regiones hortícolas de México y en el mundo (Cepeda, 1996; Cid del Prado *et al.*, 2001). Actualmente se reportan en el mundo 75 especies del nematodo agallador *Meloidogyne* (UCD, 2006a). La mayoría de las cucurbitáceas son extremadamente susceptibles a los nematodos agalladores (Noling, 2005). En California las pérdidas en melón por causa del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* se presentan temprano en temporada (CMRAB, 2006). *Meloidogyne incognita* es la especie de nematodo agallador que se encuentra distribuido e infectando todas las áreas hortícolas de la Comarca Lagunera (Guzmán, 2007).

1.1. Objetivos

1. Evaluar la eficacia biológica del producto químico Abamectina en diferentes dosis para el control del nematodo de los nódulos radiculares en el cultivo del melón
2. Comparar el efecto de control de la dosis evaluadas de Abamectina con el nematicida comercial Oxamyl para el control del nematodo de los nódulos radiculares en el melón.
3. Evaluar el posible efecto fitotóxico de la dosis evaluada de Abamectina al cultivo del melón.

1.2. Hipótesis:

La semilla de melón tratada con Abamectina, evita en el estado susceptible de plántula la penetración a la raíz de formas infectivas J2 de *Meloidogyne incognita*, dando lugar a plantas más vigorosas y sin problemas de toxicidad, en comparación con melones tratados con el nematicida Oxamyl.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales del melón

2.1.1. Origen

No existe un criterio homogéneo en lo referente al origen del melón, aunque la mayoría de los autores acepta que el melón tiene origen africano. Si bien, hay algunos que consideran a la India como el centro de domesticación de la especie, ya que es donde mayor variabilidad se encuentra para la misma. Afganistán y China son considerados centros secundarios de diversidad del melón y también en España, la diversidad genética es importante (INFOAGRO, 2003)

2.1.2. Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del melón.

Reino	Vegetal
Phyllum	Tracheofita
Clase	Angiosperma
Orden	Campanulales
Familia	Cucurbitaceae
Género	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>melo</i>

2.1.3. Distribución geográfica

No está probado que los antiguos egipcios cultivaran el melón. Si el cultivo hubiera sido antiguo y acostumbrado en ese país, los griegos y los romanos lo hubieran conocido tempranamente. La mejor prueba encontrada de la existencia del melón entre los romanos, es la representación exacta del fruto en el mosaico de frutas de Vaticano. Las especies fueron introducidas probablemente al mundo Greco-Romano en tiempos del imperio, a principios de la era cristiana (De Candolle, 1967).

Al comienzo de la era cristiana el melón ya era conocido y 300 años después de Cristo, se encontraba muy extendido por Italia. En el siglo XV había sido introducido en la mayoría de los países de Europa. Actualmente se siembra en países de todos los continentes, pero su producción se centraliza principalmente en las regiones de clima caluroso. Durante el siglo XVIII aparece el melón de red "Cantalupo"; a partir de ese momento, parece haber alcanzado todas las zonas que les son favorables en Francia (Marco, 1969).

Estudios realizados afirman que en el siglo XV se cultivaba en Islandia en 1494, en América Central en 1516 y en Estados Unidos en 1609. En el siglo XVII se desarrollaron las primeras formas de carnosas que hoy conocemos (Tamaro, 1974; Zapata *et al.*, 1989).

2.1.4. Especies cultivadas

La familia de las cucurbitáceas es de las más importantes para el hombre, debido que dentro de ellas se encuentran muchas especies que le son de utilidad ya que representan una fuente de alimento principalmente. Existe alrededor de 90 géneros y 750 especies de cucurbitáceas distribuidas casi a la mitad entre el nuevo y el viejo continente. Hay también siete géneros presentes en ambos hemisferios. Hoy en día son cultivados seis géneros y doce especies (Whitaker y Davis 1962; Sitterly 1972).

2.1.5. Importancia de su cultivo

En la República Mexicana las principales cucurbitáceas son la calabacita (*Cucúrbita* spp), el melón (*Cucumis melo* L.), el pepino (*Cucumis sativus* L.) y la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf]. Uno de los de mayor importancia es el melón, tanto por la superficie dedicada a su cultivo, como generador de divisas (alrededor de 90 millones de dólares anuales) y de empleos en el área rural (Espinoza, 1998).

Este cultivo, desde los años veinte ha sido generador de divisas para México; sin embargo, es a partir de los años sesenta cuando su presencia toma mayor importancia entre los productores, debido a una mayor demanda tanto del mercado nacional como del internacional (Claridades Agropecuarias, 2000).

2.1.6. Características de la planta

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todo se encuentra estrechamente relacionado y la actuación de uno de estos incide sobre el resto. El melón, por su origen, es de clima templado, cálido y luminoso; suele presentar en condiciones normales del cultivo, una vegetación exuberante con tallos poco consistentes y tiernos que adquieren su mayor desarrollo en las estaciones secas y calurosas. Este cultivo está ubicado dentro de las cucurbitáceas y es una planta herbácea, anual y rastrera. La planta desarrolla raíces abundantes con crecimiento rápido entre los 30 y 40 centímetros de profundidad del suelo. La raíz principal alcanza hasta un metro de profundidad, siendo las raíces secundarias más largas que la principal y muy ramificadas. La región de exploración y absorción de esta se encuentra entre 40 y 45 cm de profundidad (Zapata, *et al.*, 1989; Valadéz, 1994; Sabori, *et al.*, 1995).

2.2. Importancia del melón en México

Durante los últimos setenta y cinco años, el melón mexicano ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Además de la derrama económica que representa en las zonas de cultivo, resultado de la mano de obra requerida para su manejo, empaque y comercialización, es el tercer producto agropecuario en el renglón de la captación de divisas. Una de las ventajas competitivas adicionales de nuestro país, es que por su ubicación geográfica la cosecha se lleva a cabo en la época en la que otros países

competidores están fuera del mercado. Esto ha permitido que México sea el segundo exportador mundial después de España, y el proveedor más importante de Estados Unidos, que además de ser uno de los mayores productores, es el principal exportador (Claridades Agropecuarias, 2000).

2.2.1. Superficie sembrada

En algunas regiones, la superficie bajo cultivo varía a la alza o a la baja de acuerdo con los precios de venta. Esta situación se presenta siempre que se tiene un buen año en cuanto a producción y una ventana comercial completa para obtener una ventaja en el mercado, por lo que los productores incrementan la superficie de siembra, la que al cosecharse provoca la caída de precios por la mayor oferta y por consiguiente se provoca la reducción de la superficie sembrada, lo que se traduce en una especie de autorregulación del área que será destinada al cultivo de melón (Claridades Agropecuaria, 2000).

En el cuadro 2 podemos observar que esta situación aun cuando es irregular, durante el periodo 1990-1998 ha presentado una tendencia a la baja con una reducción en el período de 34.80 %, al dejarse de sembrar 15,068 hectáreas. Si bien se tuvo un incremento de 27.54 % en la superficie bajo cultivo al pasar de 43,301 hectáreas en 1990 a 55,232 hectáreas en 1991, para 1992 empezó a declinar paulatinamente, llegando a 28,233 hectáreas en 1998, que además es la menor superficie registrada en el período (Claridades Agropecuarias, 2000; Espinoza, 2000; SIAP, 2002).

En forma general, esta situación se ha dado por la falta de agua en algunas regiones productoras, en otras por los bajos precios que genera la sobre

erta, y como resultado de ambos casos, por la conversión de cultivos. El estado con mayor superficie dedicada al cultivo del melón es Sonora, que con trabajos durante el ciclo 1990-1998, para el último año registrado llegó a la cifra de 4,517 hectáreas sembradas, que representan el 15.99% del total nacional. Le siguen Coahuila, Durango, Michoacán y Colima, con participaciones de 2.09%, 11.15%, 10.76% y 8.71%, respectivamente. La suma de la participación de los cinco Estados en el contexto nacional, es de 58.70% (Cuadro 2), (Claridades Agropecuarias, 2000; CAEVA, 1986; Sabori, 1994).

Cuadro 2. Superficie establecida con melón

ESTADO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	PROM.
SONORA	4,035	6,042	6,19	2,396	2,908	3,015	2,889	4,196	4,517	3,938
MICHOACÁN	6,747	5,567	7,014	3,487	3,124	4,007	3,235	3,923	3,039	4,638
DURANGO	3,202	3,416	3,790	3,692	5,767	5,080	1,595	3,188	3,148	3,716
COAHUILA	2,299	2,840	2,570	3,470	2,548	2,344	3,729	3,451	3,414	2,850
COLIMA	2,477	3,050	3,154	1,149	1,105	950	2,262	2,107	2,459	2,032
OTROS	24,541	34,317	30,725	17,677	16,61	16,189	15,410	15,261	11,656	20,203
TOTAL	43,301	55,232	53,272	31,871	31,513	31,585	28,670	32,126	28,233	38,446
NACIONAL										
IRIEGO %	77.44	82.87	76.75	83.32	84.53	84.72	86.79	88.36	88.41	83.69
TEMPORAL	22.56	17.13	23.25	16.68	15.47	15.28	13.21	11.64	11.59	16.31
%										
OTOÑO-	64.30	64.78	57.70	63.82	54.69	60.26	66.81	61.81	55.30	60.97
INVIERNO %										
PRIMAVERA-	35.70	35.22	42.30	36.18	45.31	39.74	33.90	38.19	44.70	39.03
VERANO										
2006										

Fuente Claridades Agropecuarias, 2002

2.2.2. Producción

Las principales regiones productoras de melón en México se concentran, en el caso de Michoacán, en Nueva Italia, El Aguaje, Pucúan, Las Cruces y Tepalcatepec; en Sonora en la Costa de Hermosillo; Jalisco en el Distrito de Tomatlán, en Colima en Ixtlahuacán y en Durango y Coahuila en la Comarca Lagunera (Claridades Agropecuarias, 2000).

La producción de melón en el ámbito nacional, durante el período 1990 – 1998, mostró una tendencia a la alza, logrando un incremento de 5.78%, que en números absolutos es de 30,256 toneladas. Su comportamiento ha sido similar al de la superficie cosechada, con excepción de 1996 cuando ésta disminuyó y aumentó la producción, al mostrar altibajos con porcentajes de +23.33, -23.17, -20.48, +13.31, -5.08, +11.34, +25.04, y -6.23, de 1991 a 1998, fue de 645, 254 toneladas, registrada en 1991 y la menor en 1993 con 394,216 toneladas (Cuadro 3), (Claridades Agropecuarias, 2000; Espinoza, 2000).

Observando el cuadro 3, se puede notar que el principal productor es el Estado de Sonora, seguido de Durango, Colima, Coahuila, y Michoacán, que en 1998 participaron con 18.49%, 13.70%, 13.23%, 13.04, y 13.03%, respectivamente; en conjunto estos Estados suman 71.49% de la producción nacional (Claridades Agropecuarias, 2000; CAEVA, 1986; Sabori, 1994).

Cuadro 3. Producción de melón en México de 1990 a 1998

ESTADO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	PROM.
SONORA	45,686	82,729	64,638	33,390	49,172	51,352	57,454	94,277	102,326	59,837
MICHOACÁN	64,756	62,866	47,309	36,881	45,028	44,289	42,135	86,459	72,093	53,722
DURANGO	57,397	51,713	73,907	66,535	95,717	78,816	36,116	68,013	75,846	66,027
COAHUILA	35,229	50,573	39,860	46,842	40,181	38,200	56,264	65,605	72,185	46,594
COLIMA	35,296	49,649	21,792	15,645	22,844	19,962	61,599	60,339	73,233	35,891
OTROS	284,831	347,721	248,226	194,923	193,678	191,352	218,476	215,544	157,767	228,056
TOTAL	523,194	645,254	495,732	394,216	446,674	423,972	472,045	590,237	553,450	498,915
NACIONAL										
RIEGO %	87.66	90.90	86.64	91.26	90.32	93.25	94.31	95.50	96.98	91.23
TEMPORAL %	12.34	9.10	13.36	8.74	9.68	6.75	5.69	4.50	3.02	8.77
OTOÑO- INVIERNO %	62.12	64.81	47.46	56.21	51.18	54.39	63.35	59.92	50.34	57.39
PRIMAVERA- VERANO 2006	37.88	35.19	52.54	43.79	48.82	45.61	36.65	40.38	49.66	42.61

Fuente Claridades Agropecuarias, 2000.

2.2.3. Consumo

El melón por lo general se consume en fresco, una vez que está maduro, en rebanadas, cubos o en cocteles, para lo cual muchas veces en bolas pequeñas combinado con diversas frutas como sandía, papaya. Otras formas de consumirlo maduro es en forma de mermeladas, jugo con fruta y licuados con leche, dulces y confituras o bien se puede partir por la mitad, se extraen las semillas y se rellena con helados o gelatina. Cuando no está maduro se puede consumir cocido, aunque en forma natural en algunos casos se presenta como guarnición, y si se consume solo, se disfruta con licores o jarabes.

2.2.4. Comercialización

La demanda nacional es abastecida en gran medida por la Comarca Lagunera, que aparece en el mercado durante el ciclo primavera-verano, pues la mayoría de las regiones productoras se dedican principalmente al otoño-invierno, que es el de mayor venta al extranjero, y que envían al interior del país solamente aquellos saldos que no lograron colocar en otro país. La producción de la Comarca Lagunera, a pesar de tener gran calidad, no sale del país o lo hace esporádicamente, por coincidir con la del Valle de Texas, California y Arizona, además de que los aranceles durante su época de producción son demasiado altos (Claridades Agropecuarias, 2000; Fú, 2002).

La comercialización internacional del melón mexicano está limitada a la temporada en que el clima afecta a terceros países para establecer el cultivo, presentándose en el período invernal, principalmente. Por otra parte, también está limitado, hasta el año 2003, por los altos aranceles que aplican los países receptores cuando inician la producción doméstica, que en el caso de México se reduce a Estados Unidos (Claridades Agropecuarias, 2000).

2.2.5. Exportación

La producción de frutas y legumbres mexicanas para exportación, tiene sus orígenes en 1905, cuando se registran los primeros envíos por ferrocarril a Estados Unidos. Sin embargo, es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando las exportaciones crecieron en forma notable. El cultivo del melón en México se

ha mantenido desde 1927, como una actividad de gran importancia en el campo de generación de divisas, consecuencia de la participación creciente que han tenido las exportaciones de este fruto en los últimos años. Sin embargo no todo fue incrementar los volúmenes de exportación, pues si bien en 1927 se exportaron 1,082 toneladas, en 1930 el volumen se redujo a 981 toneladas y para 1940 se enviaron tan solo 4 toneladas. En 1950, cuando se embarcaron 3,570 toneladas, las exportaciones tomaron su ritmo ascendente, enviándose 45,692 toneladas en 196,079,083, en 1970,102,502 en 1980,206,340, en 1990 y 211,136 en 1998 (Claridades Agropecuarias, 2000; Fú, 2002; Rex, 1969).

Hasta 1987, el melón ocupaba el tercer sitio entre los productos hortícola con mayor volumen exportado, después del tomate y pepino. Durante el período 1990-1998, el crecimiento ha sido lento por varios factores: la mayor competencia internacional y la virtual saturación de mercados en ciertas temporadas que provocan la caída de precios, el mayor consumo interno, y el hecho de que una buena superficie que antes se dedicaba al melón, ahora se destina a la producción de otros frutos u hortalizas (Claridades Agropecuarias, 2000; Espinoza, 1983).

El mercado estadounidense es el principal consumidor de melón mexicano, que de acuerdo con la información presentada en el Cuadro 4, consume mas del 99% de las exportaciones; hasta septiembre de 1999, importó 99.82%. Otros países que importan melón de México en porcentajes mínimos, pero que en volumen no dejan de ser importantes son Japón, Países Bajos, Canadá, Gran Bretaña, Bélgica, Francia y Hong Kong. Estos países han adquirido melón mexicano una vez en el período de 1996 septiembre a 1999, en

cantidades mínimas de una tonelada. Existen además países como Belice, Brasil, Singapur, Israel, Cuba y Dinamarca, que han importado melón de nuestro país, en cantidades que oscilan entre 20 y 50 kilogramos, en el mismo periodo (Cuadro 4), (Claridades Agropecuarias, 2000; Islas, 1992; SARH, 1992).

Aun cuando Estados Unidos consume casi todo la producción de melón mexicano, y que en las décadas de los setenta y los ochenta el 90% de las importaciones de Estados Unidos procedían de México, la participación de las exportaciones mexicanas en ese país ha decrecido en forma por demás drástica, pues los países centroamericanos la han incrementado sustancialmente, específicamente Costa Rica, Honduras y Guatemala, al grado de que en 1996 el consumo en el mercado estadounidense de melón mexicano fue de 44.90% en 1997 de 38.13% y en 1998 de 34.17, lo que muestra una clara tendencia a la baja. Esta situación también se presenta en el melón *Honey Dew* (Claridades Agropecuaria, 2000; USDA-AMS, 2002).

Cuadro 4. Relación de exportaciones-producción de melón en México.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	PROM.
PRODUCCIÓN (ton)	523,194	645,254	495,732	394,216	446,674	423,972	472,045	590,237	553,450	498,915
EXPORTACIONES (ton)	206,340	276,739	170,488	119,337	106,320	138,849	207,543	223,333	211,136	181,124
EXPORTACIONES/ PRODUCCIÓN (%)	39.44	42.89	34.39	30.28	23.80	32.75	43.97	37.84	38.15	35.67

Fuentes Claridades Agropecuarias, 2000.

2.3. Importancia del melón de la Comarca Lagunera

La superficie sembrada en La Comarca Lagunera ha presentado poca fluctuación a través de los últimos años, registrando una superficie de 4,283 Has en el ciclo agrícola primavera- verano 2001, que se incrementó a 4,996 en el mismo ciclo del 2004, observándose un aumento considerable en el valor total de la producción del cultivo en el ciclo agrícola 2001 al 2004 (Cuadro 5), (El siglo de Torreón, 2005).

Cuadro 5. Resumen de la producción de melón en La Comarca Lagunera

AÑO	TOTAL (Ton)		PRODUCCIÓN	VALOR (\$)
	Sembradas	Cosechadas	(Ton)	
2001	4,283	4,283	101,689	132,094,011
2002	3,958	3,943	100,974	164,340,264
2003	4,694	4,554	112,717	131,892,370
2004	4,996	4,239	117,091	200,342,331

Fuente Bastarrachea, 2007

2.4. Problemas fitosanitarios del melón

2.4.1. Artrópodos plaga del melón

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo del melón desde la siembra, desarrollo vegetativo, amarre de fruto y cosecha, el melón es atacado por diferentes organismos entre los cuales se encuentran las plagas como: mosquita

blanca de la hoja plateada *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, minador de la hoja *Liriomyza sativa* Blanchard y *L. trifolli* Burges, chicharrita *Empoasca fabae* (Harris), gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hubner), gusano Falso Medidor *Trichoplusia ni* Hubner, gusano barrenador de la guía *Diaphania nitidalis* (Stoll) y *D. hyalinata* L., grillos *Gryllus* sp, pulga saltona *Epitrix cucumeris* (Harris), diabrotica *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim y *D. balteata* Le Conte, pulgón del melón *Aphis gossypii* Glover y araña roja *Tetranychus* spp. (Ramírez et al., 2002).

2.4.2. Enfermedades causadas por hongos

Los hongos son los principales organismos que le causan enfermedades al cultivo melón. Estos fitoparásitos son tantos que los encontramos dañando a toda la planta y durante todo el ciclo del cultivo. A continuación se mencionan algunas de las principales enfermedades: *Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp, *Colletotrichum orbiculare*, *Verticillium dahliae* Kleb., *Macrophomina phaseolina* (Tassi), *Alternaria cucumerina* (Ellis & Everhart, Elliot) (Bastarrachea, 2006).

2.4.3. Enfermedades causadas por virus

A nivel mundial existen más de 50 virus capaces de infectar en forma natural o experimental a una o más especies de cucurbitáceas, sin embargo, al menos 25 virus se detectan en forma natural (Bastarrachea, 2007).

Los virus son los agentes causales de enfermedades muy importante en las cucurbitáceas y son responsable de malformaciones, moteado de hojas y frutos, entre más temprana sea la infección mayores son los daños, ya que por lo general producen aborto de flores y las plantas producen poco o ningún fruto (Jiménez, 1996). Dentro de estos agentes causales de enfermedad están: Virus Mosaico del Pepino (VMP), Virus Mosaico de la Sandía variante 2(VMS-2), Virus Mancha Anular del Papayo variante Sandía (VMAP-S), Virus Mosaico de la Calabaza (VMC), Virus Amarillo del Zucchini (VMAZ), Virus del Amarillamiento y Achaparramiento de las Cucurbitáceas (VAAC) (Chew y Jiménez, 2002).

2.4.1. Etiología taxonomica

2.4.4. Enfermedades causadas por nematodos e historia

Hace más de 100 años, en agosto de 1877, Jobert (1878) observó árboles de café enfermos en la provincia de Río de Janeiro, Brasil y encontró raíces fibrosas con numerosas agallas, algunas en la parte terminal y otras sobre el eje de la raíz, o más raramente sobre raíces laterales. Las agallas terminales eran periformes, agudas, y frecuentemente curvadas. Las más grandes eran del tamaño de un chicharo pequeño y contenían quistes con paredes hialinas. También se encontraron huevos elípticos encerrados en las membranas hialinas y contenían pequeños gusanos nematoides. Notó que los gusanos emergían de los huevos, escapaban de las raíces y se encontraban en grandes números en el suelo. Diez años más tarde, Goldi (1887) investigó el mismo problema en cafeto y nombró al nemátodo agallador *Meloidogyne exigua*, como la causa de esta enfermedad (Taylor y Sasser, 1978).

Los nemátodos del genero *Meloidogyne* son gusanos diminutos que provocan la hipofuente ramificación, con lesiones necróticas y pudrición. El crecimiento de la planta queda obstaculizado. Las plantas muestran marchitez y se debilitan. En general las plantas atacadas por nemátodos no demuestran tantas diferencias en sus síntomas como los que ocurren en plantas atacadas por hongos y bacterias. Aparte de los síntomas propios del ataque de nemátodos, las lesiones que les ocasionan pueden favorecer la entrada de enfermedades fungosas bacterianas y vírales (FIAV, 2007).

2.5. Taxonomía, morfología, biología, hábitos y daño de *Meloidogyne* spp

2.5.1. Ubicación taxonómica

Ubicación Taxonómica del nematodo agallador o nodulador: (UCD, 2006; Taylor y Sasser, 1978; Cepeda, 2001).

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida

Suborden: Tylenchina

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Meloidogynidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

2.5.2. Características morfológicas

Los estados juveniles del nematodo de los nódulos radiculares son descritos como vermiformes y migratorios; con región cefálica y estilete delicados; presentan el área labial sin constricción y el segundo estado avanzado es sedentario, hinchado y con cola aguda; el tercer y cuarto estado se presentan en el interior de la cutícula del segundo estado, con estilete libre (UC Davis, 2006a). Las larvas de *Meloidogyne incognita* miden 0.376 mm de longitud, con un rango de 0.360 – 0.393 mm. Al montar las larvas, presentan una curva que se aproxima 1/6 de un círculo. La longitud verdadera de esta larva es aproximadamente la distancia en línea recta de la cabeza a la punta de la cola más un 5% (Taylor y Sasser, 1978). Los estados juveniles (J2) pueden medir de 0.3 – 0.95 mm de longitud, su estilete presenta pequeños nódulos basales arriba de 20 milimicras de largo y su región cefálica es frágil. El bulbo medio del esófago está bien desarrollado y las glándulas esofágicas son extensivas, traslapando principalmente al intestino ventralmente, por varias veces el ancho de su cuerpo. La cola es conoide y a menudo su terminus es angosto y redondo y su longitud es variable de 1.5 – 7.0 de lo ancho en la parte anal del cuerpo (UCD, 2006b).

2.5.3. Infección

Las larvas infectivas de segundo instar tienen una región labial bien definida, con 2 a 3 anillos o plana, amfidios con abertura a manera de ranuras. La región labial porta una estructura a manera de gorra. Los 6 labios marcadamente más grandes que los submedianos. El estilete es delgado con nódulos basales bien definidos. (Mai y Lyon, 1975)

Las larvas migratorias de 2° instar son vermiformes, fluctúan de 280- 500 micras (μ) en longitud. Los estiletes miden cerca de 10 micras de largo, portan nódulos basales redondos. El esófago consiste de un procorpus, metacorpus con válvula, istmo y un bulbo basal traslapado. La cola tiene una área hialina, es generalmente conoide con un terminus redondo agudo. A menudo se encuentran arrugas en la cutícula a la altura de la cola (Jenkis y Taylor, 1967).

Los nematodos adultos parásitos de plantas son gusanos alargados cuya longitud suelen ser de 0.30 mm a más de 5.0 mm. La extremidad anterior de un típico nematodo parásito de las plantas es ahusada y termina en una región labial redondeada o truncada, siendo el cuerpo más o menos cilíndrico, con la extremidad posterior algo cónica y terminada en punta o en forma de hemisferio. Las proporciones del cuerpo varían grandemente, siendo en algunas especies la longitud (desarrollada) cincuenta veces mayor que el grosor, y en otras sólo unas diez veces mayor. Las hembras de otras especies tienen el cuerpo muy ensanchado, a veces casi esférico, pero siempre con un cuello acusado. Los machos adultos son sin excepción gusanos delgados. Los nematodos parásitos de las plantas carecen de apéndices (Taylor, 1971).

2.5.3. Hospederos

Meloidogyne incógnita es extremadamente polífago con un rango de hospederas mayor de 3,000 especies de plantas. Individualmente las especies de este nematodo tienen un amplio rango de hospederas. Jensen *et al.*, en 1997, enlistan 874 cultivos como hospederas de 7 ú 8 especies de *Meloidogyne* en el

oeste de los Estados Unidos de América (UCD, 2006a). En California (EUA) se reporta atacando cucurbitáceas, frijol, zanahoria, tomate, lechuga, chícharo, chile y rábano entre otras hospedantes (Brust *et al.*, 2003).

A nivel mundial, la gama de hospederos de *Meloidogyne* spp comprende más de 2000 especies de plantas, que representa casi todas las familias vegetales. En México, los cultivo de importancia económica que han sido atacados por este nematodo son: aguacate, alfalfa, algodón, amaranto, cacahuate, calabaza, cafeto, cebolla, chile, col, durazno, fresa, frijol, garbanzo, guayabo, maíz, manzano, melón, plátano, papa, papaya, quelite, sandía, tabaco, tomate, vid y otros (Cepeda, 1996).

2.5.4. Ciclo de vida

El ciclo de vida de las especies de *Meloidogyne* comienza con el huevo (unicelular), depositado por la hembra que está parcialmente o totalmente embebida en la raíz de una planta hospedera y estas depositan masas con más de 1,000 huevos. El desarrollo del huevo comienza a las cuantas horas de su depositación, dividiéndose en 2, 4, 8 células y así sucesivamente, hasta que una larva completamente formada con un estilete visible, yace enrollada en la membrana del huevo. Este es el primer instar larvario, capaz de moverse en el huevo pero no es muy activo. La primera muda se presenta dentro del huevo y puede observarse sin dificultad la cutícula separada del primer instar, que se encuentra más allá de la cabeza de la larva de segundo instar. Poco después, la larva emerge a través de un orificio que realiza con su estilete al final del cascarón flexible del huevo. Esta larva de 2º instar puede o no salir

inmediatamente de la masa de huevos. Usualmente pueden encontrarse larvas de 2º instar dentro de la masa de huevos, junto con huevos en varios estados de desarrollo. Después de dejar la masa de huevos, la larva se mueve a través del suelo en busca de una raíz para alimentarse (Taylor y Sasser, 1978).

La longitud del ciclo de vida en nematodos de los nódulos radiculares se ve grandemente influenciado por la temperatura. Las temperaturas óptimas varían de 15° a 25°C para *M. hapla* y especies relacionadas, y de 25 a 30°C para *M. javanica* y especies relacionadas. Se presenta muy poca actividad en cualquiera de las especies de *Meloidogyne* a temperaturas arriba de 40°C o por debajo de 5°C. En Sudáfrica, se requieren 56 días para completar el ciclo de vida de *M. javanica* a una temperatura promedio de 14°C, comparado con solo 21 días a 26°C (Taylor y Sasser, 1978). En California (EUA) se reporta que el ciclo de vida de *M. incognita* se completa en 20 – 25 días a 21.3 °C (UCD, 2006b). También, se reporta que en este mismo estado el ciclo de vida de huevo a huevo se completa en cerca de 25 días con temperaturas del suelo de 26.9 – 29.1 C° y con un hospedante apropiado (Brust *et al.*, 2003).

Para describir los estados de desarrollo del ciclo de vida de *Meloidogyne incognita*, se utilizan el cuerpo del nematodo. La extensión del desarrollo de las gónadas, la presencia de glándulas esofágicas, estilete y el número de cutículas alrededor del cuerpo de los juveniles. Los diversos estados de desarrollo son los siguientes:

Estado **A**: los juveniles son vermiformes y delgados (J2 inicial). Estado **B**: los juveniles comienzan a ensancharse y poseen una cola más o menos cónica (J2). Estado **C**: los juveniles están hinchados y en su parte posterior tiene una

terminación adelgazada (del anterior J2 a J3). Estado **D**: los juveniles están hinchados y no presentan la terminación posterior adelgazada (J4 y adulto temprano): Estado **E**: hembras completamente desarrolladas pero que todavía no depositan huevos. Estado **F**: hembras grávidas depositantes de huevos: Estado **G**: machos filiformes (Tang *et al.*, 1994).

2.5.5. Síntomas y daño por *Meloidogyne*

La investigación ha demostrado que los nematodos de los nódulos radiculares no están distribuidos uniformemente a través de los lotes cultivados y están restringidos a áreas de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ hectárea. En muchos casos, solo el 10% de un predio puede estar infestado por nematodos de los nódulos radiculares (Robinson, 2006). Tan pocos como 100 juveniles de *Meloidogyne* por 500 gm de suelo, son suficientes para causar síntomas en tomate (Luc *et al.*, 1990).

La proporción de pérdidas debido a nematodos varía con el tipo de cultivo, cultivares, textura de suelo, clima y manejo del cultivo. El índice de daño en cucurbitáceas por 200 ml de suelo es bajo al tener menos de 5 nematodos, moderado al encontrar de 5 – 10 nematodos y alto al tener arriba de 100 nematodos por 100 ml de suelo (Stirling *et al.*, 2002).

Las larvas de segundo estado (J2) de *Meloidogyne* entran a la raíz, modifican las células de la raíz cerca de sus cabezas y empiezan a alimentarse. Se forman agallas en respuesta a la presencia del nematodo. Los nematodos

juveniles se desarrollan en hembras periformes que están parcial o completamente enterradas en el tejido radicular (Stirling *et al.*, 2002).

Una de las plagas más destructivas de las cucurbitáceas (sandía, melón, calabaza, pepino, etc.) son dos especies de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne hapla* y *M. incognita*, nematodos fitoparásitos microscópicos que se encuentran en el suelo y raíces de plantas. Estos nematodos se alimentan perforando las raíces de las células y succionando los contenidos líquidos. La penetración a la raíz y alimentación usualmente empieza detrás del ápice de la raíz donde los nematodos de los nódulos radiculares se establecen permanentemente. El ataque de esta plaga causa reducción o pérdida total en rendimiento. Cuando las plantas son infectadas en el estado de plántula, las pérdidas son extremadamente fuertes y pueden dar como resultado una muerte temprana de la planta (Brust *et al.*, 2003).

Todas las especies de nematodos causan serios daños al melón, ya sea por el ataque de estos o por el complejo de nematodos-hongos. Varios hongos, pero particularmente *Fusarium oxysporum*, causa mayor daño a las plantas cuando se presenta asociado con nematodos. La alimentación del nematodo proporciona lesiones a través de las cuales el hongo puede penetrar más fácilmente. También, hay evidencia que la infección del nematodo fisiológicamente predispone a la planta a la infección de hongos (Bruton *et al.*, 2004).

Cultivares de melón en invernadero han demostrado que 2/3 de la reducción final en el desarrollo de plantas, resulta del ataque de nematodos de

los nódulos radiculares durante las primeras dos semanas después de la siembra, tomando en cuenta que el melón toma de 110 a 115 días para la cosecha (CMRAB, 2005).

Turín y Ploeg (2004), señalan que las plantas de melón atacadas por el nematodo de los nódulos radiculares en los primeros estados de desarrollo como plántula, acusan un gran impacto en el desarrollo.

2.5.5.1. Síntomas

Síntomas aéreos: a) Achaparramiento, pobre desarrollo y producción de la planta; b) Necrosis, decoloración y enroscamiento; c) Manchas foliares; d) Muerte o desvitalización de yemas; e) Distorsión y arrugamiento de follaje y tallos; f) Agallas de hojas y semillas.

Síntomas subterráneos: a) Ramificación excesiva de la raíz; b) Supresión del crecimiento radicular; c) Lesiones en la raíz; d) Producción de raíces carnosas; e) Nódulos radiculares o agallas; f) Presencia de quistes minúsculos sobre la raíces

(Ayoub, 1997).

Una de las primeras indicaciones de una infección por nematodos agalladores en un área de un lote, es cuando las plantas se marchitan a mediodía aunque parezca que hay suficiente humedad para prevenir esto, lo cual es más común en suelos arenosos. Estas plantas bajo infestaciones severas también pueden estar achaparradas y amarillentas. La producción de frutos en las plantas infectadas es muy pobre, y el fruto formado frecuentemente

falla al madurarse y es de mala calidad. Sin embargo, esto es a menudo confundido con bajas concentraciones de nutrientes u otras enfermedades radiculares. Cuando las plantas cultivadas son atacadas en el estado de plántula, las pérdidas son extremadamente fuertes y puede presentarse una muerte prematura (Brust *et al.*, 2003). Los síntomas más característicos de esta enfermedad son los que se presentan en las partes subterráneas de la planta. Las raíces infectadas se hinchan en el punto de invasión y se transforman en las típicas agallas radiculares, que se hinchan 2 - 3 veces más grandes comparadas con las raíces sanas. Se pueden presentar diversas infecciones en el sistema radicular y la raíz puede quedar completamente agallada. También, se inhibe la conducción de agua por las raíces, de manera que el movimiento de agua y nutrientes hacia la parte superior de las plantas es lenta o se detiene. Al avanzar la temporada suele presentarse una pudrición de raíces (Brust *et al.*, 2003 y Robinson, 2006).

El ensanchamiento de las células radiculares para convertirse en células gigantes suele iniciarse al mismo tiempo en que los segundos estados juveniles (J2) comienzan a ensancharse (Tang *et al.*, 1994).

Meloidogyne en melones causa malformación de frutos y la fruta típicamente se madura lentamente o se presenta una maduración no uniforme del fruto (Becker *et al.*, 2004).

2.5.5.2. Índice de agallamiento

De acuerdo con Barker (1985), existen varios sistemas para medir el índice de agallamiento: a) El índice de 0 – 4, donde 0=0 agallas; 1=25%; 2=50%; 3=75% y 4=100% de raíces con agallas. b) El índice de 0 – 5, donde 0=0 agallas; 1=10%; 2=20%; 3=50%, 4=80% y 5=100 de raíz agallada. c) El índice de 1 – 6, donde 1=0 agallas; 2=10%; 3=20%; 4=50%; 5=80% y 6=100% del sistema radicular con agallas. d) El índice de 0 – 10, donde 0=0 agallas; 1=10%; 2=20%; 3=30%; 4=40%; 5=50%; 6=60%, 7=70%; 8=80%; 9=90% y 10=100% del sistema radicular con agallas.

• Fisiología

Asimismo, se trabaja con otro índice de agallamiento en escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas y así: 1= Sin agallas o escasas agallas con un promedio de diámetro de agallas menores de 1mm. 2= Escasas agallas, con un promedio de diámetro de agallas entre 1 y 2 mm. 3 =Las agallas en su mayoría no están unidas, con un diámetro promedio entre 2 y 3mm. 4= Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio entre agallas entre 3 y 4mm. 5= Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio de agallas mayores de 4mm (Maluf *et al.*, 2002).

2.6. Efectos de la infección de *Meloidogyne* sobre el desarrollo de la planta

• Efectos físicos

A. Reducción y deformación del sistema radicular.- Además de la formación de agallas y células gigantes, las especies de *Meloidogyne* provocan que las raíces fuertemente infectadas sean más cortas que las raíces sanas, poseen menos

ramificaciones y menor número de pelos radiculares. El sistema radicular no utiliza agua y nutrientes en la proporción que usa un sistema radicular no infectado. Los elementos vasculares se rompen y se deforman en agallas o nódulos radiculares y el movimiento normal de agua y nutrientes mecánicamente se impide.

B. Disminución de la eficiencia de la raíz.- La deformación de la raíz y su ineficiencia causa detención del desarrollo, marchitamiento en clima caliente y otros síntomas de escasez de agua y nutrientes, aunque estos estén a plenitud en el suelo. El desarrollo de las plantas se reduce.

- **Efectos Fisiológicos**

La pérdida de la eficiencia de la raíz y parte de la consecuente reducción en el desarrollo y rendimiento se le atribuye a la reducción y deformación del sistema radicular. Asimismo, los cambios en la fisiología de las plantas cuando se forman células gigantes y agallas contribuyen a la reducción en el crecimiento.

- **Predisposición**

En los campos cultivados, la infección de plantas solo por *Meloidogyne* es improbable; bacterias, hongos y virus están siempre presentes y a menudo interactúan con los nematodos. La interacción entre *Meloidogyne* y otros nematodos fitoparásitos y otros agentes causantes de enfermedades, provocan cambios fisiológicos en los tejidos de la planta que se le conoce como predisposición (Taylor y Sasser, 1978).

2.5.5.3. Interacción hospedero-parásito

Atracción hacia las raíces.- Las formas juveniles J2 son atraídos hacia el ápice de la raíz en la zona de alargamiento y también son atraídos hacia áreas donde hay emergencia de raíces secundarias. Son atraídas por el dióxido de carbono y aparentemente por pequeñas moléculas de aminoácidos.

Penetración a la raíz y migración al sitio de alimentación.- Las larvas de 2° instar por medio de repetidos y rápidos embates de sus estiletes penetran las células de la raíz. Esta penetración es seguida de un breve descanso después del cual los contenidos de la célula son succionados por el nematodo mediante la acción de una porción muscular de su esófago. La penetración de la larva toma mas de 6 horas, dependiendo de la especie de nematodo, hospedante y factores ambientales. A medida que la larva invade la raíz se alimenta de las células internas y células de lamela media. Después de que la larva alcanza lo que será su sitio permanente, sus estados subsecuentes se alimenta solamente sobre células que rodean su parte anterior (Jenkins y Taylor, 1967).

Los J2 penetran a la zona de elongación de la raíz por medios mecánicos (estilete), justo arriba de la parte apical de la raíz y probablemente por medios químicos (celulosa y pectinasa). Se mueven entre las células corticales hacia el ápice de la raíz, prosiguen al meristemo y regresan migrando hacia el cilindro vascular en la zona de diferenciación celular. Finalmente reposan con sus cabezas y estilete en desarrollo cerca de la región de alargamiento de células y cuerpos en la corteza.

Inicio en el sitio de alimentación.- Los J2 penetran en las células cortando con su estilete las paredes celulares e inyectan secreciones de la glándula dorsal

esofágica. Estas secreciones causan el engrandecimiento de las células en el cilindro vascular y se incrementan los grados de división celular en el periciclo. Esto lleva a la formación de células gigantes (sincitia) formada por el engrandecimiento de las células (hipertrofia), posible disolución de las paredes celulares, agrandamiento de los núcleos y cambios en la composición de los contenidos de la célula. Al mismo tiempo se presenta una intensa multiplicación celular (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva. Estos cambios pueden ir acompañados por un alargamiento de la raíz para formar las agallas características. Sobre raíces pequeñas, las agallas que contienen solo una hembra son redondas a fusiformes y pueden tener de 1 – 3 mm de diámetro (Taylor y Sasser, 1978).

Los J2 de *M. incógnita* invaden las raíces en la región de elongación cerca del ápice. Migran entre y a través de las células y sitúan su cabeza en los tejidos vasculares. El daño a las células ocurre como resultado de la migración y si varios J2 entran en la parte apical de la raíz, la división celular se detiene y no se presenta el alargamiento de la raíz. A medida que la alimentación continúa, varias células cercanas a la cabeza del nematodo comienzan a agrandarse y se vuelven multinucleadas. Estas son denominadas células gigantes y usualmente hay de 3 – 6 asociadas con cada nematodo. Estos cambios son inducidos por sustancias (secreciones salivales) introducidas en las células y tejidos que los rodean durante la alimentación del nematodo. Durante este proceso los vasos del xilema se distorsionan y las raíces no pueden funcionar normalmente con respecto a agua y nutrientes. Durante el proceso de formación de agallas los

nematodos pasan por la 2^a, 3^a y 4^a mudas para alcanzar el estado adulto (UCD, 2006b).

2.6. Manejo integrado de nematodos

El manejo integrado de plagas se define como “un enfoque sostenible de manejo de plagas que combinan herramientas biológica, culturales, físicos y químicos de modo que reduzcan al mínimo los riesgos para el medio ambiente, la salud y economía” (Jacobsen, 2003).

Ningún programa de control puede eliminar al nematodo de los nódulos radiculares en un campo de cultivo, y lo más que puede hacerse es reducir su población lo suficiente, como para darle tiempo a las plántulas para que queden bien establecidas antes del ataque de nematodos (Brust *et al.*, 2003).

2.6.1. Control cultural

Existen métodos de control dirigidos a reducir las poblaciones del patógeno en un área, en una planta, o en partes de esta. Muchos de estos se basan en la implantación de una o varias prácticas agronómicas para lograr tal objetivo. A estas prácticas se le conocen como métodos de control cultural y difieren del control químico en el período que toman para surtir su efecto. Generalmente la acción de los compuestos químicos es rápida, mientras que los efectos del control cultural son relativamente lentos. Entre las prácticas culturales más utilizadas para el control de nematodos fitoparásitos se encuentran la

rotación de cultivos, el uso de plantas antagónicas, la aplicación de enmiendas orgánicas, entre otros (Santiago, 2006).

Las prácticas culturales como barbechos, inundaciones, aplicaciones de abonos orgánicos, cultivo de plantas de cobertura y rotación de cultivos entre otras, reducen lo suficiente las poblaciones de nematodos parásitos de plantas cultivadas. Generalmente estas prácticas culturales causan condiciones adversas para los nematodos, por lo que la capacidad de estos para sobrevivir, multiplicarse y producir enfermedad se afecta notablemente. Mediante la realización de estas prácticas no se puede tener un suelo agrícola libre de nematodos, porque muchas especies pueden soportar los cambios frecuentes que provocan tales métodos agrícolas; por otro lado, si se suspende la siembra del cultivo de plantas susceptibles, no se garantiza que el nematodo vuelva a aparecer. En contraste con el control químico, el control cultural reduce gradualmente la población de nematodos, pero es relativo, porque un equilibrio económico conveniente no puede lograrse con el uso de una práctica, pero sí con una combinación de ella (Cepeda, 1996).

2.6.2. Rotación de cultivos

El método más antiguo y barato para controlar o reducir el daño del nematodo agallador es la rotación con cultivos no hospederos, ya que este nematodo es un parásito obligado, que podría morir de inanición si no tiene un hospedero disponible presente. Algunos cultivos potencialmente resistentes incluyen al zacate Sudán y algunos granos pequeños. Para reducir los números

del nematodo de los nódulos radiculares por abajo del umbral económico, el productor no deberá plantar un cultivo hospedero al menos por dos años. Usualmente este método de control no elimina al parásito, pues rotaciones de cultivo por tantos como 12 años han resultado ineficientes para erradicar al nematodo, posiblemente por la presencia de maleza hospedera (Kim *et al.*, 1997). La rotación se puede llevar a cabo utilizando plantas de baja susceptibilidad al ataque de *Meloidogyne* spp.

En lo referente a cultivos trampa, la lechuga se siembra de transplante, con posturas sanas y se cosecha entre 17 y 22 días para eliminar parte de la población y no lleguen a eclosionar los huevos. Las plantas se extraen cuidadosamente con un rastrillo para que no queden raíces en el suelo. Si se hacen dos siembras seguidas la población disminuye grandemente. También se utiliza la siembra de *Zemboa zuchite* (Marigold) o flor de muerto. A este tipo de plantas los nemátodos las atacan pero no se desarrollan en sus tejidos internos, es recomendable sembrarlas y después que florezcan arrancarlas o dejarlas e incorporarlas al suelo al final del ciclo (Monografías, 1997).

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado para el control de nematodos fitoparásitos (Santiago, 2006).

Este método consiste de la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un periodo determinado (Agrios, 1997, citado por Santiago, 2006). Tiene como propósito reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, para que luego sea conveniente la producción del cultivo de interés (Santiago, 2006). Esta práctica mejora las propiedades físico-químicas del terreno y rompe con el ciclo de plagas y

enfermedades que afectan los cultivos. Por consiguiente aumentan tanto los rendimientos del cultivo principal como las ganancias del agricultor (Santiago, 2006).

Kokalis-Burelle y colaboradores (2002) evaluaron el efecto de la rotación de la gramínea *Panicum virgatum* y maní (*Arachis hypogaea* L.) como cultivo principal, en las poblaciones de *Meloidogyne arenaria* y los cambios en la flora microbiana del suelo después de un periodo de rotación. Luego de 3 años, la gramínea no reflejó población alguna de nematodos noduladores, a diferencia del tratamiento control sembrado con maní. Los tratamientos donde se rotó con *P. virgatum* mantuvo altas poblaciones de nematodos de vida libre y una flora bacteriana distinta a la encontrada en la rizósfera de las plantas de maní cultivadas por varios ciclos consecutivos. Davis y colaboradores (2003) estudiaron el efecto de un ciclo de rotación con maíz (*Zea mays* L.) y un cultivar resistente de soya (*Glycine max*), en las poblaciones de nematodos fitoparasíticos que atacan el algodón (*Gossypium hirsutum*), principalmente *Rotylenchulus reniformis*. Luego de un año, las poblaciones de *R. reniformis* en los tratamientos de rotación con soya o maíz fueron significativamente más bajas que en los tratamientos donde se cultivó algodón por dos ciclos consecutivos. Los rendimientos de algodón aumentaron luego del periodo de rotación en la mayoría de las localidades experimentales. En Puerto Rico, Román y colaboradores (1974) estudiaron el efecto de la rotación del zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) con plátanos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y el rendimiento del cultivo. Los tratamientos de rotación se realizaron en parcelas donde se había plantado plátano (cv. Enano), y posteriormente se estableció el zacate Pangola en periodos de 6 meses hasta un

máximo de 18 meses. Se evaluó también el desyerbe parcial y total del zacate Pangola durante el segundo ciclo de rotación. No se sembró el zacate Pangola en las parcelas testigo. Según Román y colaboradores (1974), la rotación con esta gramínea redujo las poblaciones de *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*, no así de *Pratylenchus coffeae*. Todos los tratamientos a excepción de aquel donde se cultivó zacate Pangola por 6 meses y combinado con el desyerbe parcial, aumentaron significativamente los rendimientos del cultivo sobre el tratamiento testigo (Santiago, 2006).

La rotación de cultivos es un medio muy eficaz si se efectúa de forma apropiada. Lucas (1965) recalcó que para combatir el *Meloidogyne* era necesario evitar la rotación con cultivos susceptibles a ese nematodo, como la mayoría de las hortalizas (Román, 1978).

2.6.3. Variedades resistentes

La obtención de variedad resistentes se lleva a cabo por la hibridación de plantas susceptibles con plantas resistentes, mediante cruzamiento de individuos, uno es una variedad comercial que es necesario introducirle la resistencia del otro individuo. La primera generación que es donde obtiene híbridos, los cuales se van a cruzar con el progenitor recurrente para solo fijar las características deseadas, que en este caso es resistencia (Cepeda, 1996).

Actualmente, no se tienen en el mercado variedades resistentes de melón al nematodo de los nódulos radiculares (Brust *et al.*, 2003). Los esfuerzos para eliminar o minimizar el daño causado por nematodos en la agricultura, ha involucrado típicamente el uso de la fumigación del suelo con materiales como

Cloropicrina, Bromuro de metilo y Dazomet, que se volatilizan para diseminar su ingrediente activo a través del suelo. Tales materiales fumigantes pueden ser altamente tóxicos y pueden provocar daños al medio ambiente. Varios nematicidas no fumigantes también han sido utilizados, pero suelen crear problemas serios al ambiente y pueden ser altamente tóxicos al humano (Kim et al., 1997).

2.6.4. Control biológico

Los nematodos, comúnmente son controlados con la aplicación de pesticidas químicos, muchos de los cuales son tóxicos a mamíferos, algunos de ellos son biocidas (Webster, 1972). En los últimos años, el uso indiscriminado de estos pesticidas ha causado el desequilibrio biológico de diferentes hábitats con graves consecuencias y ha hecho más complejo el problema original, de ahí que se haya pensado en la posibilidad de establecer programas de control biológico como una alternativa de manejo de plagas, sobre todo después del éxito alcanzado con el control biológico en insectos.

Sewell (1965), citado por Norton (1978), define el control biológico como las restricciones hechas a un organismo perjudicial o a sus efecto, sean aquellas naturales o inducidas, directas o indirectas, causadas por otro organismo o grupo de organismo. Mas completa aún, es la definición dada por Jenkins y Taylor, Colaboradores (1967): control biológico es cualquier condición bajo la cual se reduce la actividad del nematodo debido a la acción de otros organismo vivos (a excepción del hombre), lo que da como resultado una disminución en la importancia del daño causado por el patógeno. Ambos autores incluyen dentro

del control biológico el uso de cultivos trampa, plantas antagónicas (aquellas cuyos exudados radiculares resulten nematocidas o encubran el exudado de la raíz de la planta de interés que normalmente atrae al nematodo), variedades resistentes aunque estas por su importancia generalmente se traten aparte.

Hay muchos informes de diferentes especies parasíticas y depredadoras de nematodos, apoyados en algunas evidencias experimentales que hacen pensar en la posibilidad de controlar a las poblaciones de nematodos fitoparásitos al mantener una alta relación de estos enemigos naturales en el suelo (Cepeda, 1996).

2.6.5. Control químico

La aplicación de nematicidas es casi la única forma práctica para controlar al nematodo de los nódulos radiculares en cultivos de alto valor como melón y sandía. Entre los nematicidas recomendados para el control del nematodo de los nódulos radiculares se encuentran el Bromuro de metilo, Metam sodio (Vapam) y Oxamyl (Vydate). Desafortunadamente muchos nematicidas han sido retirados debido a su naturaleza tóxica y habilidad para lixiviarse hacia las aguas subterráneas. También, los nematicidas no volátiles presentan extensivas propiedades residuales que restringen su aplicación, porque pueden ser tóxicos a mamíferos y al humano. Aunque estos materiales han sido efectivos presentan riesgos de seguridad y daños al medio ambiente (Brust *et al.*, 2003; Appleman y Hanmer, 2003). Por lo anterior, se vuelve muy importante el desarrollar métodos de control no selectivos y más económicos como los métodos de biocontrol (Noling, 2005).

Los nematicidas no fumigantes suelen ser menos efectivos que los fumigantes. Pues, estos solo eliminan estados activos de nematodos pero no a los huevos. Se sugiere utilizarlos cuando la densidad de población de nematodos en el predio son bajas o medias. El Aldicarb (Temik), es un carbamato con actividad sistémica y se usa para combatir a una amplia gama de nematodos. Pero puede producir toxicidad en algunos cultivos, aún a las dosis recomendadas. El Carbofuran (Furadan), es un Metil carbamato que tiene actividad nematicida. Su actividad nematicida es corta y puede causar fitotoxicidad en algunos cultivos. El Oxamyl (Vydate), es un carbamato de buena actividad sistémica en suelos ácidos, pero no en suelos con pH menor de 7. Se degrada en pocos días en compuestos sin acción nematicida. Usualmente, la acumulación de sus residuos en los tejidos de las plantas son bajos, cuando es aplicado apropiadamente (Greco, 2006).

Todos los nematicidas no fumigantes registrados son utilizados para aplicación al suelo, con la excepción del Vydate que también puede ser aplicado por la vía foliar. Estos nematicidas deberán ser incorporados con el suelo o acarreados con agua en el suelo para ser efectivos. Estos compuestos deberán ser aplicados uniformemente en el suelo para que alcancen la futura zona radicular de las plantas, donde tendrán contacto con los nematodos o, en el caso de sistémicos, en áreas donde estos puedan ser fácilmente absorbidos por las plantas. Proporcionan una protección para la germinación de la semilla, establecimiento de transplantes y protegen el desarrollo inicial de las raíces de las plantas, ya sea por semilla o transplante (Noling, 2005).

El nematicida Dazomet (Basamid) en formulación granulada se utiliza para el tratamiento en camas y al incorporarlo en el suelo húmedo libera el gas Metil isocianato que elimina a los nematodos. El Fenamifós (Nemacur) granulado es utilizado al momento de la siembra o en cultivos establecidos. El Oxamyl (Vydate) en forma líquida se puede aplicar al suelo o en aspersión al follaje (Gowen *et al.*, 2005).

En California (EUA), para el control de nematodos de cucurbitáceas en preplantación se usa el fumigante 1,3-dicloropropeno (Telone EC y Telone II), la mezcla de 1,3-dicloropropeno/Cloropicrina, Metam Sodio y Ethoprop (Mocap 15 G). En preplantación y plantación se utiliza el Oxamyl (Vydate L) y en postplantación se usa el mismo Oxamyl asperjado al follaje. La primera aplicación se realiza a las 2 – 4 semanas de la siembra y se repite a las 2 – 3 semanas después. Se logran mejores resultados si en preplantación o a la siembra se hacen tratamientos para el control de nematodos (Westerdhal y Becker, 2005).

A medida que los nematicidas han estado siendo retirados del mercado por los riesgos en su manejo y daños al medio ambiente, se vuelve muy importante el desarrollar métodos de control más económicos y no selectivos, como son los métodos con biocontrol. Las Avermectinas, son agentes insecticidas, acaricidas y nematicidas que han sido aislados de la fermentación de *Streptomyces avermitilis*, un miembro de la familia de los actinomicetos. Abamectina es el nombre común asignado a las avermectinas, una mezcla que contiene 80% de los homólogos de avermectina B1a y 20% de B1b que tienen

casi igual actividad biológica. La forma de actuar de las avermectinas es bloqueando el neurotransmisor ácido Gama – aminobutírico (GABA) en la unión neuromuscular de insectos y ácaros. La actividad visible, tal como alimentarse o poner huevos, se detiene pronto después de la exposición, aunque la muerte puede no sobrevenir durante varios días (Ware y Whitacre, 2004). Estos metabolitos de lactones macrocíclicos provocan una parálisis irreversible (Chen *et al.*, 2006).

Las Avermectinas son lactones macrocíclicos producidos por *Streptomyces avermitilis*. Abamectina es una mezcla de Avermectinas B(1a) y B(1b), que está siendo utilizada como tratamiento a la semilla para controlar a nematodos parásitos de plantas en algodónero y algunas hortalizas (Faske y Starr, 2006). La abamectina tiene una rápida degradación y su vida media es de 20 – 47 días (Chen *et al.*, 2006).

Las Avermectinas, incluyendo Abamectina, son comúnmente utilizadas para tratar parásitos intestinales en animales domésticos y como acaricidas. Estos materiales también han demostrado la capacidad para suprimir a los nematodos parásitos de plantas en ciertos cultivos agrícolas. Sin embargo, en los últimos años, la Abamectina ha recibido interés como nematicida agrícola en tratamiento a la semilla, un método más conveniente para aplicar nematicidas (Barham *et al.*, 2005).

La Abamectina en tratamiento a la semilla de varios cultivos, proporciona una excelente protección temprana contra el nematodo de los nódulos

radiculares y además, el tratamiento a la semilla, indirectamente reduce infestaciones secundarias (Chen *et al.*, 2006).

Avicta (Abamectina) tiene un excelente potencial como tratamiento a la semilla, como componente de una estrategia de manejo integrado de plagas para manejar nematodos de los nódulos radiculares (Driver y Louws, 2006).

Abamectina (Avicta) en tratamiento a la semilla a razón de 0.15 mg/semilla, suprime en algodónero el daño temprano de nematodos en el sistema radicular (Phipps, 2006). En Arkansas estudios con varios tratamientos con Avicta 4.17FS para el control del nematodo de los nódulos radiculares en algodónero, dieron como resultado plántulas más vigorosas en comparación con los tratamientos que incluyeron Temik 15G (Barham *et al.*, 2005).

La Avermectina B2a es activa contra el nematodo *Meloidogyne incognita* y se reporta que es de 10-30 veces más potente que los nematicidas de contacto al incorporarlos al suelo de 0.16 – 0.25 kg/ha. Tampoco es tóxico a tomates o pepinos en dosis superiores a 10 kg/ha (Kim *et al.*, 1997).

Estudios bajo condiciones de invernadero en La India para el manejo de *M. incognita* en tomate con Avermectina al 75% mediante la inmersión de plántulas, presentaron el máximo de longitud de ramas 38.5 cm, peso fresco de ramas de 23.0 gm y rendimiento de fruto con 312.0 gm. De igual manera un incremento significativo en longitud de raíz (24.5 cm) y peso fresco de raíces (6.95 gm) también fue reportado (Rajedran *et al.*, 2003).

Estudios realizados con Abamectina por Appleman y Hanmer (2003), señalan que plantas de lechuga mostraron de 70-80% de agallamiento a los 45 días después de su germinación. Observaron además, que el índice de agallamiento permaneció en casi cero después de 41 días con un gran incremento en el día 45. En California (EUA) en semillas de pepino tratados con Avicta, al final de temporada el agallamiento y reproducción del nematodo de los nódulos radiculares fue similar al testigo sin aplicación (Chen *et al.*, 2006).

El tratamiento a semilla de pepino con Avicta presenta los beneficios siguientes: 1) Se utilizan pequeñas cantidades de i.a. por ha. 2) La aplicación se dirige al patógeno. 3) Reducción en costos al incrementar la eficacia operacional. 4) Se reducen los efectos sobre los organismos benéficos. 5) Se reducen los riesgos de resistencia y 6) Es compatible con otras estrategias de manejo integrado de plagas (Chen *et al.*, 2006).

El retrasar la penetración de nematodos durante el altamente sensitivo estado de plántula es a menudo suficiente para el establecimiento de un vigoroso sistema radicular. Tratamiento a la semilla con el nematicida microbiano Abamectina en dosis de 7 – 20 gm de i.a./ha otorga buena protección a plántulas de pepino desarrolladas en suelos infestados con *Meloidogyne incognita*. La longitud de raíz y altura de plantas tres semanas después de la siembra se incrementaron considerablemente comparadas con el testigo no tratado. Resultaron incrementos en producción arriba del 50%, y esta ganancia se le atribuye al incremento en número de frutos por planta. La protección de la semilla con Abamectina es una herramienta efectiva para retrasar el daño de

Meloidogyne incognita y mejorar el desarrollo de plantas en suelos infestados (Becker *et al.*, 2004).

Los investigadores creen que las pérdidas en rendimiento por el nematodo agallador *M. incognita*, ocurre muy temprano en la temporada. Es concebible que la protección de plántulas con Abamectina, podría ser suficiente para evitar pérdidas económicas por nematodos en la producción de melón. En experimentos llevados a cabo en California, EUA se obtuvo una dramática reducción en agallamiento de raíces y masas de huevos con dosis de 0.1 y 0.3 mg de Abamectina por semilla (CMRAB, 2005).

En Carolina del Norte (EUA), al tratar semillas de melón con Avicta en el 2004 se redujo la severidad del nematodo de los nódulos radiculares por 65 días y su comportamiento fue similar a suelos tratados con Telone II en el 2005, Avicta redujo la severidad por 27 – 46 días, resultando similar a Telone II. Asimismo, se observó que a los 21 días después de la siembra, el vigor de las plantas y desarrollo del cultivo fue excelente (Driver y Louws, 2006).

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Lugar de realización del estudio.

El presente estudio se realizó en un lote comercial de melón de la variedad Aclaim (Rogers®) en el Rancho La Granja, propiedad del Sr. Heberto Alba, en el Mpio. de Bermejillo, Dgo., ubicado geográficamente a los 25° 56' 23.15" de latitud norte, y 103° 36' 48.29" de longitud oeste, a una altura media sobre el nivel del mar de 1098 m.

3.2. Información técnica del producto evaluado.

El producto **Avicta 400 FS**, es un nematicida que tiene como ingrediente activo a la abamectina al 40%, equivalente a 400 gr de este por litro, con una formulación de solución floable. Su acción ocurre a nivel de las terminaciones nerviosas propiamente dichas o en la zona de contacto entre una fibra nerviosa y una fibra muscular. La abamectina estimula la liberación masiva de un compuesto químico el Acido Gamma Aminoboutírico o GABA, el cual cumple con la función de neurotransmisor. La presencia de grandes cantidades de GABA a nivel sináptico conduce a un bloqueo total de los receptores específicos localizados en las terminaciones nerviosas, abre el canal del cloro, hiperpolarizan la neurona, lo que produce la interrupción de los impulsos nerviosos del parásito y en consecuencia su muerte por parálisis flácida. Este modo de acción original es propio de las avermectinas, entre ellas la abamectina y la distingue de las otras familias de sustancias antiparasitarias.

El producto **Vidate L**, es un nematicida que tiene como ingrediente activo al oxamil al 24%, equivalente a 260 g de ingrediente activo por litro de producto, con una formulación Concentrada – Acuosa. Tiene efectos sobre ácaros, insectos chupadores y nemátodos. Es un insecticida del grupo de los carbamatos cuyo principal mecanismo de acción es la inhibición de la colinesterasa.

3.3. Plaga evaluada.

Nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*).

3.4. Tratamientos.

Los tratamientos a evaluar se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Tratamientos y dosis evaluadas en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador del melón (*Meloidogyne incognita*) en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

PRODUCTOS	TRATAMIENTOS	
	Dosis mg i.a./1000 semillas	Dosis ml PF/1000 semillas
1. Avicta 400 FS	120.0	0.30 ml
2. Avicta 400 FS	160.0	0.40 ml
3. Avicta 400 FS	200.0	0.50 ml
4. Avicta 400 FS	240.0	0.60 ml
5. Avicta 400 FS	400.0	1.00 ml
6. Vydate L®	1356 g i.a./ha	5215.38 ml/ha
7. Testigo absoluto		

i.a.: ingrediente activo; PF: Producto Formulado

3.5. Diseño y unidad experimental.

Los tratamientos evaluados se ubicaron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental constó de tres camas de 1.8 m de separación por 10 m de largo, teniéndose 54.0 m² por unidad experimental y 216.0 m² por tratamiento, con una siembra de doble hilera.

3.6. Aplicación de tratamientos.

Se realizó una sola aplicación de los tratamientos a evaluar a base a Avicta 400 FS, haciendo esta en tratamiento a semilla (slurry); mientras que para el caso de la aplicación de Vidate L, la dosis correspondiente se aplicó previo a la siembra drenando el producto con una aspersora manual (Jacto®) sin boquilla, calibrada a un gasto de 100 ml por golpe de semilla. Posterior a la siembra se dió un riego para incorporar el producto.

3.7. Evaluaciones y parámetros evaluados.

Previo a la siembra, se tomaron tres submuestras de 1 kg de suelo por unidad experimental, se homogenizaron y de esta se tomó una muestra compuesta de 1 kg, la cual fue llevada al Laboratorio de Parasitología de la Univ. Aut. Agraria Antonio Narro Unidad Laguna para determinar la población inicial (Pi) de juveniles J₂ de *Meloidogyne incognita*. Para separar las larvas del suelo se utilizó la técnica del embudo de Baerman con una muestra de 300 g de suelo.

Posteriormente a la aplicación se realizó una segunda evaluación usando el mismo método de muestreo, método de extracción y conteo de juveniles para determinar la población final (Pf) y con estos datos se calculó el factor de reproducción (FR).

Por otra parte, a los 20 y 30 días posteriores a la siembra, se realizó la evaluación del índice de agallamiento por medio de la escala visual del Cuadro 7. Para ello muestraron al azar cinco plantas por parcela útil (20 por tratamiento). A estas mismas plantas se les evaluó el diámetro de la base del tallo, longitud y peso de raíz y número de guías por planta.

El posible efecto fitotóxico se evaluó con la escala visual del Cuadro 8 en cada muestreo.

3.8. Análisis de datos.

De los datos de índice de agallamiento se obtuvo el porcentaje de daño empleándose la fórmula de Townsend & Heuberger y estos datos se transformaron a la forma $\text{Log}_{10}(y+1)$; mientras que los datos de la población inicial, población final y factor de reproducción, así como del diámetro de la base del tallo, longitud y peso de raíz y número de guías por planta se transformaron a la forma $\text{sqrt}(y+0.5)$ y a todos estos datos se les aplicó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con un $\alpha=0.05$ con el paquete de análisis estadístico SAS®. La eficacia de control a partir del índice de agallamiento se calculó con la fórmula de Abbott (1925).

Cuadro 7. Escala visual para medir el índice de agallamiento en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

INDICE	DESCRIPCION
0	Sin presencia de agallas
1	De 1 a 10 agallas
2	De 11 a 20 agallas
3	De 21 a 30 agallas
4	De 31 a 40 agallas
5	De 41 a 50 agallas
6	De 51 a 60 agallas
7	De 61 a 70 agallas
8	De 71 a 80 agallas
9	De 81 a 90 agallas
10	De 91 a 100 agallas

Cuadro 8. Escala de puntuación EWRS para evaluar el efecto fitotóxico del nematicida Avicta 400 FS al cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007

Valor	Efecto sobre el cultivo
1	SIN EFECTO
2	Síntomas muy ligeros
3	Síntomas ligeros
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento
5	Daño medio
6	Daños elevados
7	DAÑOS MUY ELEVADOS
8	Daños severos
9	Muerte completa

Transformación de la escala porcentual logarítmica de la EWRS a escala porcentual.

Valor puntual	% de fitotoxicidad al cultivo	
1	0.00	1.00
2	1.00	3.50
3	3.50	7.00
4	7.00	12.50
5	12.50	20.00
6	20.00	30.00
7	30.00	50.00
8	50.00	99.00
9	99.00	100.00

3.9. Distribución de tratamientos.

4	6	2	5
1	4	6	2
5	7	4	3
2	2	3	7
3	5	5	4
7	3	1	6
6	1	7	1
I	II	III	IV

Cuadro 10

Cuadro 10. Distribución de las parcelas del segundo estudio de Malvaceae realizado por el grupo de trabajo en la estación provea al establecimiento de los tratamientos en el cultivo de maíz en Durango, Dur., México, 2007.

Treatment	Area	Yield (g m ⁻²)	Yield (kg ha ⁻¹)	Significance
Control	5216.36 m ²	42.01	141.05	A
Avila 400 FS	5216.36 m ²	42.95	141.93	A
Avila 400 FS	5216.36 m ²	36.08	118.28	A
Avila 400 FS	5216.36 m ²	37.23	124.10	A
Avila 400 FS	5216.36 m ²	35.07	112.90	A
Treatment		35.00	112.50	A
Avila 400 FS	100 m ²	35.00	112.20	A

MS: Mean Square

Treatments with different letters are significantly different based on Tukey's test (p < 0.05).

A: Treatments with equal letters

C.V. = 3.66%

Por otra parte, al realizar el segundo muestreo se colectaron diferentes muestras entre los tratamientos, no observándose una relación directa entre las dosis de Avila 400 FS con el número de semillas detectadas (Cuadro 10).

El resultado obtenido es debido a que el tratamiento con este

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Análisis del número de J_2 de *Meloidogyne incognita* por kilogramo de suelo.

Al realizar el muestreo previo a la siembra del número de J_2 de *Meloidogyne incognita* no se detectaron diferencias entre las unidades experimentales observándose una media de 128.16 juveniles por kilogramo de suelo distribuidos homogéneamente en el sitio experimental, esto debido a que al momento de realizar el muestreo no se había realizado la siembra de la semilla tratada con Avicta 400 FS, así como la incorporación de Vydate L. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Número de larvas del segundo estadio de *Meloidogyne incognita* por kilogramo de suelo en la evaluación previa al establecimiento de los tratamientos en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Tratamientos				
Productos	Dosis	J_2 /300 g de suelo (Media)	J_2 /kg de suelo (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
PF/1000semillas				
Vydate L	5215.38 ml/ha	42.91	143.03	A*
Avicta 400 FS	0.30 ml	42.58	141.93	A
Avicta 400 FS	0.50 ml	39.66	132.20	A
Avicta 400 FS	0.60 ml	37.23	124.10	A
Avicta 400 FS	0.40 ml	36.87	122.90	A
Testigo absoluto		36.65	122.16	A
Avicta 400 FS	1.00 ml	33.66	112.20	A

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey al 0.05 %

J_2 : Larvas juveniles o de segundo estadio

C. V.:7.018047

Por otra parte, al realizar el segundo muestreo se detectaron diferencias entre los tratamientos, no observándose una relación directa entre las dosis evaluadas de Avicta 400 FS con el número de juveniles detectados (Cuadro 10). Este resultado probablemente es debido a que el tratamiento con este

insecticida fue a la semilla y no afectó el área de la rizósfera; mientras que en el tratamiento con Vydate L, se observa que se detectó el menor número de larvas con alrededor del 50% menos población que en los tratamientos con Avicta, el cual se ubicó en un grupo de igualdad estadística diferente. Esto probablemente se debe a que este nematicida fue aplicado al suelo, afectando así de manera directa a las poblaciones de juveniles.

Cuadro 10. Número de J_2 de *Meloidogyne incognita* por kilogramo de suelo en los tratamientos evaluados a los 30 días después del establecimiento de los tratamientos en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007

Tratamientos				
Productos	Dosis PF/1000 semillas	J_2 /300 g de suelo (Media)	J_2 /kg de suelo (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
Vydate L	5215.38 ml/ha	36.37	121.23	A*
Avicta 400 FS	0.40 ml	67.02	223.40	B
Avicta 400 FS	0.60 ml	73.13	243.76	B
Avicta 400 FS	0.30 ml	73.62	245.40	B
Avicta 400 FS	0.50 ml	74.04	246.80	B
Testigo absoluto		74.58	248.60	B
Avicta 400 FS	1.00 ml	75.04	250.13	B

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey al 0.05 %

J_2 : Larvas juveniles o de segundo estadio

c. v.: 4.780814

En general; se observa que las poblaciones de *Meloidogyne incognita* detectadas en ambos muestreos indican que los valores que alcanzó la población de esta plaga es suficiente para ocasionar daños y pérdidas en el cultivo de acuerdo a como lo señalan diversos autores (Stirling *et al.*, 2002), que señalan que niveles de infestación de 100 juveniles por 500 g de suelo son suficientes para causar síntomas en el cultivo de tomate entre otros. Se puede observar que en el presente estudio, las poblaciones fueron superiores en un 100% para todos los tratamientos a excepción del Vydate L a dosis de 5215.38 ml/Ha aparentemente debido al método de aplicación.

4.2. Análisis del vigor del cultivo (Diámetro de tallo, número de guías, longitud y peso de raíz).

4.2.1. Evaluación a los 20 días después de la aplicación

Al realizar la primera evaluación, a los 20 días después de la aplicación, se detectaron diferencias entre los tratamientos, observándose en la comparación de medias de Tukey que las plantas evaluadas de los tratamientos a base de Avicta 400 FS (abamectina) en dosis de 0.5, 0.6 y 1.0 ml/1000 semillas presentaron los valores mas altos de vigor que son estadísticamente diferentes al testigo y las dosis mas baja de este producto (Cuadro 11y 12).

Cuadro 11. Diámetro de tallo y número de guías del cultivo de melón a los 20 días después del establecimiento de los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Tratamientos		Diámetro de tallo		Número de guías	
Productos	Dosis**	Diámetro (Media en mm)	Comparación ($\alpha=0.05$)	No. Guías (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
Avicta 400 FS	0.30 ml	4.09	C	2.28	C
Avicta 400 FS	0.40 ml	4.75	B	2.40	C
Avicta 400 FS	0.50 ml	5.30	A*	2.82	A B
Avicta 400 FS	0.60 ml	5.73	A	2.93	A*
Avicta 400 FS	1.00 ml	5.66	A	2.97	A
Vydate L®***	5215.38 ml	5.34	A	2.43	B C
7Testigo		3.99	C	1.83	D

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$

**Dosis en ml/1000 semillas

***Dosis en ml/Ha

C. V.: para Diámetro 1.649043 y Número de Guía 2.489529

Cuadro 12. Longitud y peso fresco de raíz a los 20 días después del establecimiento de los tratamientos del cultivo de melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Tratamientos		Longitud de raíz		Peso de raíz	
Productos	Dosis**	Longitud en cm. (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)	Peso en grs. (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
Avicta 400 FS	0.30 ml	13.99	C	5.58	D
Avicta 400 FS	0.40 ml	14.47	B C	6.20	C
Avicta 400 FS	0.50 ml	16.27	A*	6.94	B
Avicta 400 FS	0.60 ml	16.82	A	7.12	A B
Avicta 400 FS	1.00 ml	17.08	A	7.51	A*
Vydate L®***	5215.38 ml	15.08	B	5.76	D
Testigo		13.23	D	4.64	E

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$

**Dosis en ml/1000 semillas

***Dosis en ml/Ha

C. V.: para Longitud de raíz 0.986013 y Peso de raíz 1.210888

De manera general, se observa que de las dosis evaluadas de Avicta 400 FS (abamectina) las que produjeron un menor desarrollo del cultivo y similares al testigo fue la de 0.3 y 0.4 ml/1000 semillas, siendo superadas por la dosis de 5215.38 ml/Ha de Vydate L y en todos los parámetros evaluados; el Testigo absoluto presenta aún un menor vigor que los tratamientos anteriormente citados (Cuadros 13 y 14).

4.2.2. Evaluación a los 30 días después de la aplicación

Al realizar la segunda evaluación de los parámetros de diámetro de tallo, número de guías, longitud y peso de raíz, registrada a los 30 días después del establecimiento de los tratamientos también se encontraron diferencias entre los estos, los tratamientos que favorecen un mayor vigor del cultivo son las dosis de 0.4, 0.5, 0.6 y 1.0 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS (abamectina), superando

estadísticamente al tratamiento a base de Vydate L (oxamil) a dosis de 5215.38 ml/Ha. y al testigo (Cuadro 13).

De los tratamientos con nematicida, el menos sobresaliente fue la dosis de 0.30 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS; sin embargo, en todos los parámetros superó al Testigo absoluto, que muestra el menor vigor de las plantas. Esto parece indicar que al tratar la semilla con Avicta 400 FS reduce el daño por el ataque de *M. incognita*, favoreciendo así un mejor desarrollo del cultivo (Cuadro 13 y 14). Lo anterior coincide con lo expuesto por Becker *et al.* (2004), el cual cita que al retrasar la penetración de nematodos durante estado de plántula es a menudo suficiente para el establecimiento de un vigoroso sistema radicular, lo que se refleja en un mayor desarrollo del cultivo.

En general, los resultados muestran que la aplicación del nematicida Avicta 400 FS (abamectina) en tratamiento de semilla es adecuado para favorecer el vigor del cultivo debido a la protección del sistema radicular por el ataque del nemátodo agallador (*M. incognita*). Esto también nos indica que ninguna de las dosis las dosis evaluadas de Avicta 400 FS tienen efecto fitotóxico al cultivo de melón, ya que en ambas evaluaciones, el vigor de las plantas tratadas con este producto presentaron un mayor vigor que el Testigo absoluto (Fig. 2).

Cuadro 13. Diámetro de tallo y número de guía del melón a los 30 días después del establecimiento de los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Productos	Tratamientos	Dosis**	Diámetro de tallo		Número de guías	
			Diámetro (Media en mm)	Comparación ($\alpha=0.05$)	No. Guías (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
Avicta 400 FS		0.30 ml	8.68	C	2.55	C
Avicta 400 FS		0.40 ml	10.07	B	2.77	B C
Avicta 400 FS		0.50 ml	11.13	A*	3.01	A B
Avicta 400 FS		0.60 ml	11.32	A	3.16	A*
Avicta 400 FS		1.00 ml	11.42	A	3.09	A B
Vydate L®***		5215.38 ml	10.05	B	2.43	C D
Testigo			7.40	D	2.13	D

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$

**Dosis en ml/1000 semillas

***Dosis en ml/Ha

C. V.: Para Diámetro 1.201293 y Número de Guía 2.220532

Cuadro 14. Longitud y peso fresco de la raíz a los 30 días después del establecimiento del melón en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Tratamientos	Dosis**	Longitud de raíz		Peso de raíz	
		Longitud en cm. (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)	Peso en grs. (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
Avicta 400 FS		25.59	C	9.50	E
Avicta 400 FS		28.16	A B	11.30	D
Avicta 400 FS		28.76	A*	12.06	C
Avicta 400 FS		28.69	A	13.11	B
Avicta 400 FS		28.49	A B	13.86	A*
Vydate L®***		27.20	B	9.74	E
Testigo		23.02	D	8.26	F

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$

**Dosis en ml/1000 semillas

***Dosis en ml/Ha

C. V.: para Longitud de raíz 1.008898 y Peso de raíz 0.842486

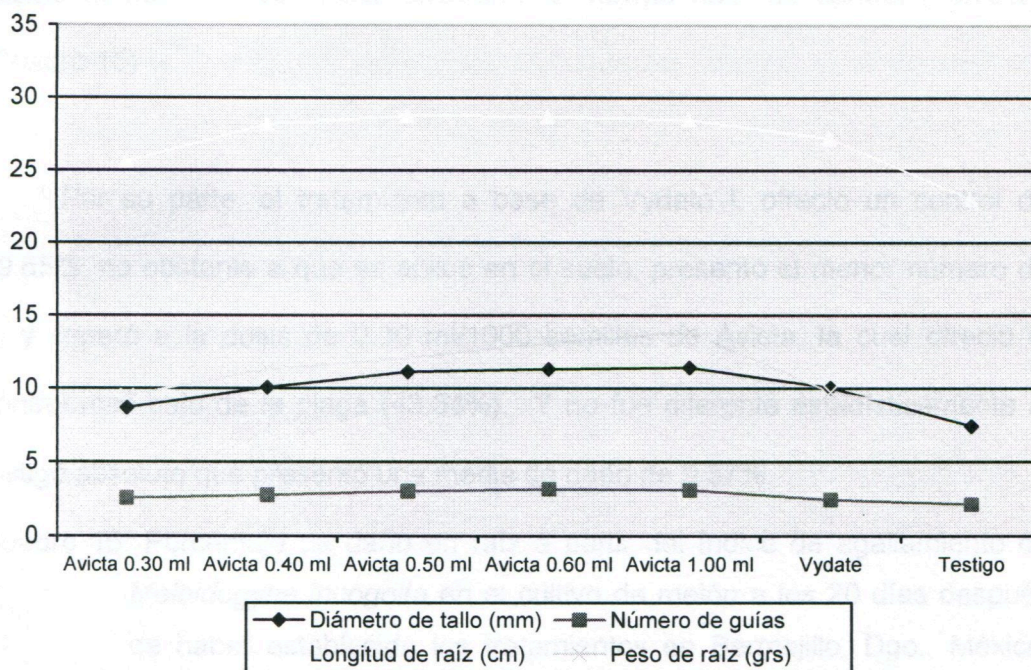


Fig. 1. Distribución de los parámetros evaluados del vigor del cultivo de melón a los 30 días en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

4.3. Análisis del porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento.

4.3.1. Evaluación a los 20 días después de la aplicación

Al realizar el análisis de evaluación a los 20 días después de establecidos los tratamientos y siembra del melón se detectaron diferencias entre los tratamientos, por lo que se llevó a cabo la prueba de Tukey en la cual se observa que los mejores tratamientos para el control de la plaga fueron las dosis de 0.6 y 1.0 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS con una eficacia de control del 100%, siendo seguido su efecto por las dosis de 0.4 y 0.5 ml/1000 semillas del

mismo nematicida, las cuales ofrecieron el mismo nivel de control (89.75%).
(Cuadro 15)

Por su parte, el tratamiento a base de Vydate L ofreció un control de 59.65%, no obstante a que se aplicó en el suelo, presentó el menor número de J_2 y superó a la dosis de 0.30 ml/1000 semillas de Avicta, la cual ofreció el control mas bajo de la plaga (43.54%). Y no fue diferente estadísticamente al testigo absoluto que presentó una media de daño de 9.37%.

Cuadro 15. Porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de melón a los 20 días después de haber establecido los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Tratamientos				
Productos	Dosis PF/1000 semillas	%Daño (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)	%Control (Abbott)
Avicta 400 FS	0.60 ml	0.00	A*	100.00
Avicta 400 FS	1.00 ml	0.00	A	100.00
Avicta 400 FS	0.40 ml	0.96	A B	89.75
Avicta 400 FS	0.50 ml	0.96	A B	89.75
Vydate L®	5215.38 ml**	3.78	B C	59.65
Avicta 400 FS	0.30 ml	5.29	C	43.54
Testigo absoluto		9.37	C	

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey.

**Dosis de PF/Ha

C. V.: 46.63481

4.3.2. Evaluación a los 30 días después de la aplicación

Al realizar la evaluación, a los 30 días después del tratamiento, nuevamente se detectaron diferencias entre los tratamientos, un notorio incremento del nivel de daño por parte de *M. incognita*; sin embargo, las dosis de 0.40, 0.50, 0.60 y 1.0 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS (abamectina) continúan ejerciendo un control

eficaz de la plaga, con eficacias hasta del 99.23% una eficacia menor pero aun satisfactoria en la dosis de 0.5 y 0.6 ml/1000 semillas igual significativamente a la dosis de 0.4.

Finalmente, la dosis de 5215.38 ml/Ha de Vydate L, presentó un control de 85.61% se encuentra ubicándose por debajo de los tratamientos anteriormente citados, pero superando a la dosis de 0.30 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS, la cual presentó un control de 67.02%, de lo que se deduce que esta dosis es la menos eficaz para el control de la plaga evaluada. (Cuadro 16)

Cuadro 16. Porcentaje de daño en raíz a partir del índice de agallamiento de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de melón en la evaluación a los 30 días después de la siembra y tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

Tratamientos	Dosis PF/1000 semillas	%Daño (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)	%Control (Abbott)
Avicta 400 FS	1.00 ml	0.31	A*	99.23
Avicta 400 FS	0.60 ml	1.59	A B	96.09
Avicta 400 FS	0.50 ml	2.40	A B	94.09
Avicta 400 FS	0.40 ml	4.09	B	89.94
Vydate L	5215.38 ml**	5.85	B C	85.61
Avicta 400 FS	0.30 ml	13.41	C	67.02
Testigo absoluto		40.67	D	

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey.

**Dosis de PF/Ha

C. V.: 24.22494

En general, los resultados del presente estudio indican que el nematicida Avicta 400 FS (abamectina) es altamente eficaz en el control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*), sobresaliendo las dosis de 0.40, 0.50, 0.60 y 1.0 ml/1000 semillas de producto formulado, las cuales al ejercer un control que

oscila entre el 89.94 al 99.23% a los 30 días de la siembra, también favorecen un mejor desarrollo del cultivo, lo que se reflejó en un mayor diámetro de tallo, mayor número de guías y mayor longitud y peso de raíz, sugiriéndose el uso de estas dosis dependiendo de la presión de la plaga en las diferentes áreas de cultivo de melón.

Por su parte, el tratamiento a base de Vydate L (oxamil) también controló de manera eficaz a nematodos de los nódulos y no obstante a que se detectó un menor número de juveniles por kilogramo de suelo fue menor que en los tratamientos a base de Avicta 400 FS y en le testigo.

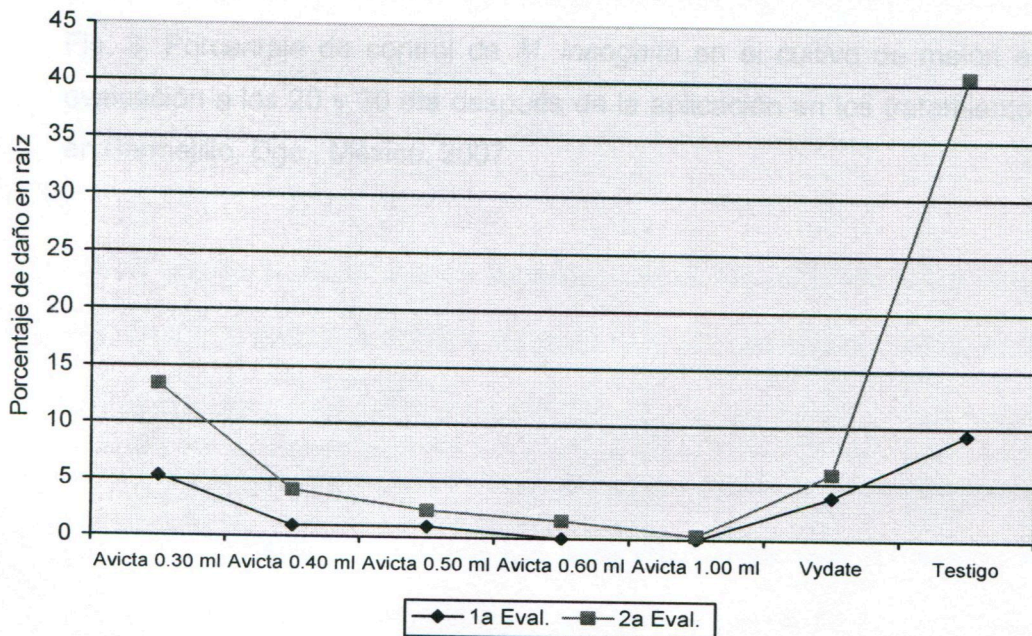


Fig. 2. Porcentaje de daño en raíz por *M. incognita* en el cultivo de melón a los 20 y 30 días después de la aplicación en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

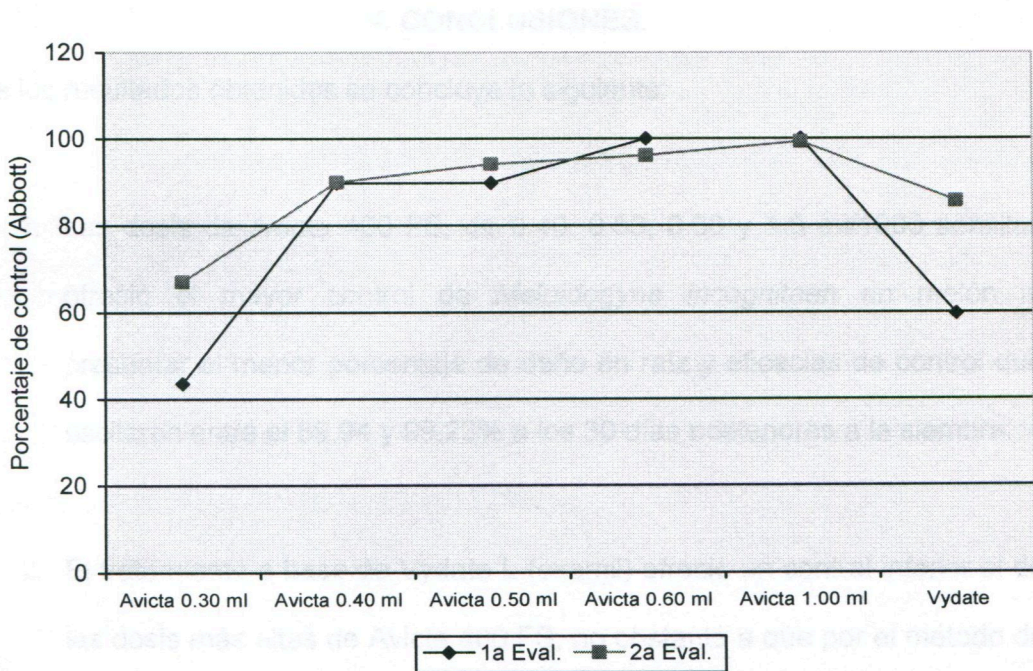


Fig. 3. Porcentaje de control de *M. incognita* en el cultivo de melón en evaluación a los 20 y 30 día después de la aplicación en los tratamientos en Bermejillo, Dgo., México. 2007.

V. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Las dosis de Avicta 400 FS, de 0.40, 0.50, 0.60 y 1.0 ml/1000 semillas ofreció el mayor control de *Meloidogyne incognita* en melón al presentar el menor porcentaje de daño en raíz y eficacias de control que oscilaron entre el 89.94 y 99.23% a los 30 días posteriores a la siembra.
2. El tratamiento a base de Vydate L (oxamil) ofreció un control inferior al de las dosis más altas de Avicta 400 FS, no obstante a que por el método de aplicación presentó el menor número de juveniles por kilogramo de suelo; sin embargo, superó a la dosis de 0.30 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS, la cual no se sugiere para el control de la plaga evaluada.
3. Como resultado de la alta eficacia de control que ofrecieron las dosis mencionadas de Avicta 400 FS, también se pudo detectar que el vigor del cultivo fue mayor en estos tratamientos, lo que se reflejó en un mayor diámetro de tallo, mayor número de guías por planta y mayor longitud y peso de raíz. Esto incremento del vigor demuestra que el nematicida Avicta 400 FS, no presenta efectos fitotóxicos al cultivo de melón, ya que todos los parámetros evaluados para estos, fueron superiores al Testigo absoluto.
4. Se sugiere el uso de las dosis de 0.60, 1.0 ml/1000 semillas de Avicta 400 FS, para el control de *Meloidogyne* spp en melón.

VI. RECOMENDACIONES

Para el manejo integrado del nematodo agallador de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, considerado uno de los principales problemas fitosanitarios del melón en la Comarca Lagunera, es recomendable tener disponible como herramienta de control, aplicaciones de Abamectina (Avicta 400 FS) a la semilla, evitando con esto daños al medio ambiente, en comparación con las aplicaciones de nematicidas químicos.

VII. LITERATURA CITADA

- Appleman, L., and D. Hanmer. 2003. Screening for root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) using lettuce. UW-L Journal of Undergraduate Research VI.3.p.
- Ayoub, S. M. 1997. Plant nematology. Agricultural Training Aid. Department of Food and Agriculture. Div. of Plant Industry. Laboratory Services Nematology. Sacramento, California. pp. 39-71.
- Barham, J.D., T.L. Kirkpatrick and R. Bateman. 2005. Field evaluations of Avicta a new seed-treatment nematicide. Summaries of Arkansas Cotton Research 2005. Arkansas Agricultural Experiment Station. Research series 543. pp. 128-134.
- Barker, K.R. 1985. Nematode extraction and bioassays. [En línea] <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Methods/Rkindx.htm> [Fecha de consulta 31/05/07]
- Bastarrachea, F. J. A. Febrero. 2007. Identificación de enfermedades que atacan al cultivo del Melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera (Ciclo Agrícola, 2006). pp. 16,51
- Becker, J.O., B. Slaats and D. Hofer. 2004. Cucumber seed coating with abamectin guards against early root damage by root-knot nematodes. [En línea] <http://apsnet.org/meetings/div/pc03abs.asp> [Fecha de consulta 13/8//07]
- Berzoza, M.M. 2005. El clima y las enfermedades en las hortalizas. En: Memorias primer foro sobre control integrado de enfermedades en chile y tomate con relevancia en virosis. 5 y 6 de mayo de 2005. Cd. Delicias, Chihuahua. México. p. 74.
- Brust, E.G., W.D. Scout and J.M. Ferris. 2003. Root-knot nematode control in Melons. Department of Entomology. [En línea]. Purdue University. E-212-W. 3.p. <http://72.14.205.104/search?q=cache:Z9S9Na413kj:www.entm.purdue.edu/Entomology/...> [Fecha de consulta 31/5/07]
- Bruton, B., J. Amador and M.E. Miller. 2004. Atlas of Soilborne Diseases Of Melons. Texas Agriculture Extension Service. The Texas A&M University System. College Station, Texas. B-1595. p. 12.
- California Melon Research Advisory Board's 2005 Strategy. (CMRAB). 2005. [En línea] <http://www.epa.gov/oppbppd1/peps/strategies/2005/cmra05.html> [Fecha de consulta 21/9/07]
- California Melon Research Advisory Board's 2006 Strategy. (CMRAB). 2006. [En línea] <http://www.epa.gov/peps/strategies/2006/cmra06.htm> [Fecha de consulta 2/9/07]

- Campo Agrícola Experimental Valle de Apatzingán. (CAEVA). 1986. Análisis Técnico y Socioeconómico de Melón, Mango, Plátano, y Limón en el Valle de Apatzingán, CIAPAC-INIFAP. Apatzingán, Mich., México. pp. 23-43.
- Cepeda S. M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D. F. p. p. 132-188
- Chen, X., S.Muller and J.O. Becker. 2006. Improved Plant Protection Against Root-Knot Nematodes by Combining Biological Control and Biorationals Approaches. [En línea]. University of California. Riverside, Ca. <http://www.mbao.org/2006/06PowerPoints/MBAO%20PDFs/Preplant/10%-20%Biorationals/Becker.pdf> [Fecha de consulta 21/9/07]
- Chew, M. J. I., y F. Jiménez, D. 2002. Enfermedades del melón. En: En Melón: Tecnologías de producción y comercialización. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INIFAP. CAELALA. Matamoros, Coah. pp. 161-185.
- Claridades Agropecuarias 2000. El melón Núm. 84: pp. 1-22.
- Cid del Prado V.I., A. Tovar, S. y J. Alfonsina. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. Revista Mexicana de Fitopatología. 19 (1):32-38.
- De Candolle, A. 1967. Origen de las Plantas Cultivadas. Harfner Publishing Co. USA. p. p. 261- 262.
- Driver, J.G., and F.L. Louws. 2006. Effects of seed treatment to manage nematodes as an alternative to methyl bromide on cantaloupe. [En línea]. Department of Plant Pathology. North Carolina State University. Raleigh, N.C. <http://mbao.org/2006/06PowerPoints/MBAO%20PDFs/Preplant/10%-20%Biorationals/Driver.pdf> [Fecha de consulta 2/9/07]
- Espinoza A., J. J. 1983. Producción y Comercialización del Melón en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. p. 85.
- Espinoza A., J. J. 1998. México-U.S.- Caribbean nations melon trade: A simulation analysis of economic forces and government policies. Ph.D. Dissertation. Texas A&M University. p. 4.
- Espinoza, A., J. J. 2000. Competencia entre México y Países de América Central en los Mercados Estadounidenses de Melón y Sandía. Revista Información Técnica Económ
- Faske, T. R. and J. L. Starr. 2006. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. [En línea]. INIST-CNRS. http://cat.inist.fr/?a_Modele=afficheN&cpsidt=18114435 [Fecha de consulta 15/6/07]

- Fundación para la Investigación Agrícola. Enfermedades Causadas por Nematodos. (FIAV). DANAC- Venezuela [En Línea]. <http://www.danac.org.ve/indice/enfermedades.php?letra=X&listado=t&ps=9> [Fecha de Consulta 25/09/07]
- Fú, J. G. 2002. Tendencia del Mercado de Melón de los Estados Unidos. Conferencia Dictada en el X Congreso de Productores y Exportadores de Melón y Sandía de Centroamérica, Panamá, México y el Caribe. Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Melón y Sandía de Costa Rica. San José, Costa Rica. 31 de Julio, 1 y 2 de Agosto, 2002. p. p. 13-21.
- Gúzman, G. B. 2007. Identificación de las especies de *Meloidogyne* spp que infectan melón, chile y tomate en La Comarca Lagunera mediante observación de las características morfológicas. Tesis Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. UAAAN-UL. Torreón, Coah. p. p.1-37.
- Gowen, S.R., T.K. Ruabete and J.G. Wright. 2005. Root-Knot Nematodes. Plant Protection Service. Secretariat of The Pacific Community. Pest Advisory Leaflet N° 09. p. p. 1-4.
- Greco, N. 2006. Alternatives to Methyl Bromide to control plant parasitic nematodes in greenhouses. [En línea]. Istituto di Nematologia Agraria. Bari, Italia. <http://miniagric.gr/greek/data/files2251/GRECO1.DOC>. [Fecha de consulta 22/9/07]
- Islas E., M. 1992. Posibilidades de Exportación del Melón Mexicano a Japón. Tesis Profesional. Universidad Autonoma Chapingo. Departamento de Economía Agrícola Chapingo. México. p. 167.
- INFOAGRO. 2007. El cultivo del melón. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm [Fecha de consulta 17/09/2007].
- Jacobsen B. 2003. La iniciativa de Manejo Integrado de Plagas del USDA. Universidad de Minnesota. [En Línea]. http://pmworld.Umn.edu/cancelado/spchapters/Jacobsen_sp.htm [Fecha de consulta 16/10/2007]
- Jiménez, D., F. 1996. Maleza hospedera de virus, fluctuación poblacional de vectores y su relación con enfermedades virales del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera. México. Revista Mexicana de Fitopatología. No 14. pp. 31-37.
- Jenkins, W.R., and D.P. Taylor. 1967. Plant Nematology. Reinhold Publishing Corporation . New York- Amsterdam-London. Pp.102-105.
- Kim, L., J.S. Feitelson., J. Harvey and P.S. Zorner.1997. Materials and methods for controlling nematodes. [En línea]. <http://materials> & methods control nemas Avermectin. Htm. [Fecha de consulta 8/8/07]

- Maluf, W.R., S.M. Azevedo., L.A.A. Gómez y A.C. Barneche. 2002. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. [En línea]. Genet. Mol. Res. 1(1): 64-71. http://www.funpeerp.com.br/gmr/year2002/vol1-1/gmr0008_full_text.htm [Fecha de consulta 30/5/07]
- Mai, W.F., and H.H. Lyon. 1975. Pictorial key to general of plant-parasitic nematodes. Fourth Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. p. p. 64-65
- Marco, M. H. 1969. El melón: Economía, producción y comercialización. Editorial Acribia. España. p. p. 42-64.
- Noling, J.W. 2005. Nematode management in cucurbits (cucumber, melons, squash). Entomology and Nematology Department. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. ENY-025.
- Phipps, P.M. 2006. Disease Control. 2006 Virginia Cotton Production Guide. [En línea]. <http://www.ext.vt.edu/pubs/cotton/424-300-06/diseasecontrol.pdf> [Fecha de consulta 21/09/07]
- Rajedran, G., S. Ramakrishnan and J. Jayakuman. November 2003. Avermectin, a novel nematicide for root-knot nematode control in tomato. Proceedings of national Symposium of Biodiversity and management of Nematodes in Cropping Systems for Sustainable Agriculture. Jaipur, India.
- Ramírez, D. M., U. Nava, G. y A. A. Fu, C. 2002. Manejo integrado de plagas en el cultivo del melón. En: En Melón: Tecnologías de producción y comercialización. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INIFAP. CAELALA. Matamoros, Coah. p. p. 129-159.
- Rex. V. C. 1969. El mercado de Frutas y Legumbres Mexicanas en Estados Unidos y Canadá. Banco Nacional de Comercio Exterior. Revista Comercio Exterior, Vol. 19. México. p. p. 225-232.
- Robinson, E. 2006. Gall mapping root-knot nematode variation. [En línea]. Delta Farm Press. <http://deltafarmpress.com/news/060223-gall-mapping/> [Fecha de consulta 15/6/07]
- Sabori P., R. 1994. El Cultivo del Melón en la Costa de Hermosillo. En: Ciclo de Seminarios Técnicos CECH 1993. Campo Experimental Costa de Hermosillo de INIFAP. Hermosillo, Son., México. Publicación Especial No 12. pp. 47-62.
- Sabori P., R. 1995. Efectos de la fertilización con K y P en Producción y calidad de melón (*cucumis melo* L.). In: VI Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencia Hortícola A. C., Hermosillo, Sonora. p. 69.

- (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) (SARH) 1992. Estrategia Nacional de Mediano Plazo (1992-1999) de desarrollo y Promoción de Exportaciones de Melón; Datos Básicos para su Elaboración. México, D. F. p. 36.
- Santiago G., J. C. 2006. Manejo Integrado de Nematodos Fitoparásitos cosmopolitas (Gemmar) en el cultivo de platano [en línea]. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad.uprm.edu/tesis/santiagogonzalez.pdf> [fecha de consulta 2/09/07]
- SIAP (Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2002 SIACON 1980-200. SAGARPA, México. Pagina Web: www.siea.sagarpa.gob.mx [fecha de consulta 02/10/07]
- Sitterly, W. R. 1972. Breeding for resistance in cucurbits. Annual Rev. of Phytopathology, 10: p. p. 471-490.
- Stirling, G., J. Nicol and F. Reay. 2002. Advisory services for nematode pests. Operational Guidelines. Rural Industries Research & Development Corporation. Protection Pty. Ltd. RIRDC. Publication N° 99/41. p. p.1 – 103.
- Tamaro, D. 1974. Manual de Horticultura. 7 ed. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España. p. p. 56-70.
- Tang, B., G.W. Lawrence., R.G. Creech., J.N. Jenkins and J.C. McCarty, Jr. 1994. Post-infection development of *Meloidogyne incognita* in cotton roots. Mississippi Agricultural & Forestry Station. Mississippi State University. Technical Bulletin 195. pp. 1-13.
- Taylor, A. L. 1971. Introducción a la Nematología Vegetal Aplicada. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma 1971. p.5.
- Taylor, A. R., and J.N. Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne species*). International Meloidogyne Project. Department of Plant pathology. North Carolina State University. United States Agency for International Development. 111 p.
- Turini, T. and A. Ploeg. 2004. Imperial Agricultural Briefs. Cooperative extension University of California. p. 9.
- University of California Davis. UCD. [En línea]. 2006a. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxamnus/G076mnu.htm>. [Fecha de consulta 18/8/07]
- University of California Davis. UCD. [En línea]. 2006b. *Meloidogyne incognita*, Taxonomy, Common Name, Disease.

<http://ucdnema.ucdavis.edu/imagemap/nemmap/ENT156HTML/nemas/meloidogyne> [Fecha de consulta 21/9/07]

United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service (USDA AMS). 2002. Fresh Fruit and Vegetables Shipments by Commodities, State, and Months. Washington, DC. p. p. 35-39.

Valadéz L., A. 1994. Producción de hortalizas. Ed. Limusa, México. pp. 78-91.

Ware, G. W., and D.M. Whitacre. 2004. Radcliffe's IPM World Textbook. An Introduction to Insecticides. [En línea]. 4th Edition. University of Minnesota. <http://ipmworld.umn.edu/Cancelado/spchapters/w&winseetSP.htm> [Fecha de consulta 19/8//07]

Westerdahl, B. B. and J.O. Becker. 2005. Cucurbit nematodes. University of California. UC ANR. Publication. 3445.

Whitaker, T. y G. Davis, 1962. Cucurbits: Botany, cultivation and utilization. Ed. Interscience Publishers. New York USA. p. p. 1-192.

Zapata, M., P. Cabrera, S. Bañon y P. Rooth. 1989. El melón. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. p. p. 23-27.