

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE ABAMECTINA, EN EL TRATAMIENTO A SEMILLA DE
MELÓN PARA EL CONTROL DEL NEMATODO DE LOS NÓDULOS
RADICULARES *Meloidogyne incognita*.**

POR

RENÉ MARÍN LEÓN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE ABAMECTINA, EN EL TRATAMIENTO A SEMILLA DE
MELÓN PARA EL CONTROL DEL NEMATODO DE LOS NÓDULOS
RADICULARES *Meloidogyne incognita*.

POR


RENÉ MARÍN LEÓN

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

ASESOR PRINCIPAL:


ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

ASESOR:


Ph.D. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

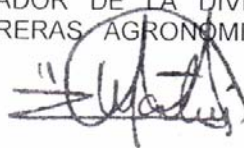
ASESOR:


M.C. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

VOCAL SUPLENTE:


M.C. CLAUDIO IBARRA RUBIO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:



M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO 
Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE 2008

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

EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR:

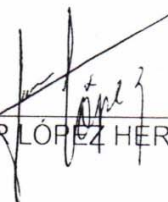
PRESIDENTE:


ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

VOCAL:


Ph.D. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

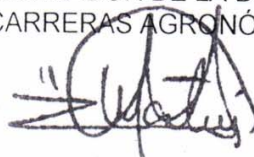
VOCAL:

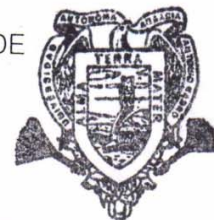

M.C. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

VOCAL SUPLENTE:


M.C. CLAUDIO IBARRA RUBIO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:





M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO **Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE 2008

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por haberme regalado toda la dicha y felicidad de tener una familia maravillosa y por culminar mi carrera.

A MIS PADRES

A mi padre Juan Marín López y a mi madre Isabel León García por estar conmigo siempre apoyándome y confiar en mí. Son los mejores padres del mundo. ¡Los quiero mucho! ¡Gracias por todo!

A MIS HERMANOS

A mis hermanos Juan Luís, Julio y mi hermana Teresita, siempre han sido unos excelentes hermanos. ¡Gracias por estar conmigo!

A MIS MAESTROS

A todo el grupo de maestros que forman el Dpto. de Parasitología al Ing. José Alonso Escobedo, Dr. Javier Sánchez Ramos, Dr. Javier López Hernández, Dr. Florencio Jiménez Díaz, Dr. Vicente Hernández Hernández, M.C. Claudio Ibarra Rubio, Ing. Bertha Cisneros Flores y al Dr. Teodoro Herrera Pérez. A todos ustedes gracias por enseñarme mucho de sus experiencias y conocimientos, por preocuparse por mi formación profesional. También a Gabi y a Cheli, por ayudarme y apoyarme en todo este tiempo.

Al Dr. José Luís Puente Manrique por ayudarme a la realización de mi trabajo de investigación. ¡Gracias!

A MIS AMIGOS

A aquellos con los que compartí muchas alegrías con su amistad, a Isidro Miguel Cruz, Johnny Rusi Mejía López, José Luís Rivera Ramírez, Juan Gonzalo Cruz Solís, Miguel Mayo Montejo, entre otros. ¡Gracias por su amistad en todo este tiempo!

¡A TODOS USTEDES, MIL GRACIAS POR TODO!

DEDICATORIAS

A DIOS

Por regalarme día a día la alegría de ser feliz.

A MIS PADRES

Dedicó este trabajo de investigación a mis padres por confiar siempre en mí en que puedo salir adelante.

A MIS SINODALES

El Ing. José Alonso Escobedo, Dr. Florencio Jiménez, M.C. Javier López Hernández y M.C. Claudio Ibarra Rubio.

RESUMEN

En la República Mexicana las principales cucurbitáceas son la calabacita (*Cucúrbita* spp), melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf]. El melón, es el de mayor importancia, 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. Una de las plagas más destructivas de las cucurbitáceas 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. A nivel mundial, la gama de hospederos de *Meloidogyne* spp comprende más de 2,000 especies de plantas, que representa casi todas las familias vegetales. El tipo de estudio llevado a cabo es una investigación aplicada para suprimir las poblaciones del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne* spp en el cultivo de melón. El tratamiento y aplicación de Abamectina se dirigió a la semilla de melón, con la finalidad de ofrecer una protección a la planta del ataque y daño del nematodo *Meloidogyne* spp en un período aproximado de 30 días y de esta forma reducir la población de nematodos para dar tiempo a que la planta se desarrolle vigorosamente antes del daño de dicho nematodo. Los tratamientos evaluados se ubicaron en un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 repeticiones; cada unidad experimental constó de 6 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por tratamiento y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos. Se utilizaron dos semillas de melón de la variedad Crusier® por maceta. Los tratamientos bajo estudio que incluyeron a Abamectina fueron en las siguientes dosis: 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml i.a./1000 semillas, quedando libre de aplicaciones el testigo absoluto. El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, localizado en el Ejido San Antonio de los Bravos, Mpio. de Torreón, Coah., que de acuerdo al GPS StreetPilot™ Garmin, se encuentra ubicado geográficamente a los 25° 33' 367" de latitud norte, 103° 22' 498" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1107 m. De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: las dosis de Abamectina a 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de melón, otorgaron resultados estadísticamente similares de acuerdo a la prueba de Tukey al 0.05, en el desarrollo de diámetro de la base del tallo, peso radicular, longitud de la raíz, peso del follaje, índice de agallamiento y número de guías en plantas a los 30 dds. Más sin embargo los tratamientos que mejores resultados ofrecieron en el trabajo de investigación fueron las dosis de 1.00 ml y 0.60 ml/1000 semillas de melón, por lo que se sugiere como tratamiento, el uso de Abamectina para el control de *Meloidogyne incognita* en el suelo con altas infestaciones, a los 30 dds.

Palabras clave: Abamectina, *Meloidogyne* spp, *Cucumis melo*. L., Crusier®.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
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	5
2.1.4. Especies cultivadas	6
2.1.5. Importancia de su cultivo	6
2.1.6. Características morfológicas del melón	7
2.2. Importancia del melón en México	7
2.2.1. Superficie sembrada	8
2.2.2. Producción	10
2.2.3. Consumo	11
2.2.4. Comercialización	12
2.2.5. Exportación	12
2.3. Importancia del melón de la Comarca Lagunera	15
2.4. Problemas fitosanitarios del melón	16
2.4.1. Artrópodos plaga del melón	16
2.4.2. Enfermedades causadas por hongos	16
2.4.3. Enfermedades causadas por virus	17
2.4.4. Enfermedades causadas por nematodos e historia	17
2.5. Taxonomía, morfología, biología, hábitos y daño de <i>Meloidogyne</i> spp	19
2.5.1. Ubicación taxonómica	19
2.5.2. Características morfológicas	19
2.5.3. Hospedantes	21
2.5.4. Ciclo de vida	22
2.5.5. Poblaciones de <i>Meloidogyne</i> spp y su relación con daños	24
2.5.5.1. Síntomas causados por <i>Meloidogyne</i> spp	26
Índice de agallamiento	27
2.5.5.2. Efectos de la infección de <i>Meloidogyne</i> sobre el desarrollo de la planta	28
Efectos físicos	28
Efectos fisiológicos	28
Predisposición	29
2.5.5.3. Interacción hospedero-parásito	29
2.6. Manejo integrado de nematodos	31
2.6.1. Control cultural	33
2.6.1.1. Barbecho	34

2.6.1.2. Inundación	34
2.6.1.3. Solarización	34
2.6.2. Rotación de cultivos	35
2.6.3. Variedades resistentes	38
2.6.4. Control biológico	38
2.6.5. Control químico	40
2.7. Información técnica del producto evaluado	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1. Lugar de realización del estudio	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
Vigor de las plantas	52
Diámetro de la base del tallo	53
Longitud de la raíz	54
Peso radicular	56
Número de guías	57
Peso del follaje	59
Índice de agallamiento radicular	60
V. CONCLUSIONES	63
VI. RECOMENDACIONES	64
VII. LITERATURA CITADA	65

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Superficie establecida con melón en México de 1990 a 1998	9
Cuadro 2. Producción de melón en México de 1990 a 1998	11
Cuadro 3. Relación de exportaciones – producción de México	14
Cuadro 4. Resumen de la producción de melón en la Comarca Lagunera	15
Cuadro 5. Distribución del diseño experimental de bloques completamente al azar utilizado para evaluar Abamectina (Avicta 400 FS) aplicado en el tratamiento a semilla de melón para el control del nematodo agallador (<i>Meloidogyne incognita</i>) en Torreón, Coah., México. 2008.	47
Cuadro 6. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador del melón (<i>Meloidogyne incognita</i>) en Torreón, Coah., México. 2008.	48
Cuadro 7. Comparación de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	53
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	55
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	56
Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación del número de guías con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	58
Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	59
Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Gráfica 1. Gráfica de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	54
Gráfica 2. Gráfica de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	55
Gráfica 3. Gráfica de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	57
Gráfica 4. Gráfica de medias en la evaluación del número de guías con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	58
Gráfica 5. Gráfica de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	60
Gráfica 6. Gráfica de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.	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 has en el mismo ciclo del 2004, disminuyendo 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 y otros cultivos (Berzoza, 2005).

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo desde la siembra, desarrollo vegetativo, fructificación y cosecha, el melón es atacado por diferentes enfermedades ocasionadas por una gran diversidad de organismos entre los cuales se encuentran: Ahogamiento o Damping off *Pythium* spp, Tizón tardío *Phytophthora* spp, Costra negra o sarna negra *Rhizoctonia solani*, Antracnosis *Colletotrichum orbiculare*, Podredumbre carbonosa *Macrophomina phaseolina* (Tassi), Mancha foliar *Alternaria cucumerina*, Cenicilla *Podosphaera xanthii*, Marchitez vascular causado por *Fusarium* spp y *Verticillium dahliae* (Kleb). Otros agentes causales de enfermedades son los virus entre los cuales están: Virus Mosaico del Pepino (CMV), Virus Mosaico de la Sandía variante 2(WMV-2), Virus Mancha Anular del Papayo variante Sandía (PRSV-W), Virus

Mosaico de la Calabaza (SqMV), Virus Amarillo de Zucchini (ZYMV), Virus del Amarillento y Achaparramiento de las Cucurbitáceas (CYSDV) (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* (Burgess), 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 araña roja *Tetranychus* spp (Ramírez *et al.*, 2002).

De igual manera se encuentran nematodos asociados con este cultivo, el nematodo agallador o de los nódulos radiculares es el de mayor importancia económica por los daños que produce. También, se reporta atacando a melón al nematodo reniforme *Rotylenchulus reniformis*, el nematodo lesionador *Pratylenchus* spp, el nematodo lanza *Hoplolaimus* spp, y el nematodo de los falsos nódulos radiculares *Nacobus* spp, (Bruton *et al.*, 2004).

Los nematodos son de gran importancia, pero debido a que habitan en el suelo, se encuentran entre las plagas que requieren métodos de laboratorio para su diagnóstico e identificación. Sus efectos a menudo son subestimados por los agricultores, agrónomos y consultores en el manejo de plagas. Se estima que los nematodos fitoparásitos reducen cerca del 12 % de la producción agrícola global (Stirling *et al.*, 2002). Los nematodos parásitos de

plantas causan, cada año, una pérdida estimada de 14 % en cultivos de hortalizas y frutales económicamente importantes en los Estados Unidos de América (Appleman y Hanmer, 2003).

De los nematodos fitoparásitos el género *Meloidogyne*, conocido como nematodo agallador o nodulador, es el que mas daño causa en hortalizas y 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 infestando todas las áreas hortícolas de la Comarca Lagunera (Guzmán, 2007).

1.1. Objetivo:

1. Evaluar la eficacia biológica de 3 dosis de Abamectina, en tratamiento a semillas de melón cultivadas en macetas, para el control del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*.

1.2. Hipótesis:

La semilla del melón tratada con Abamectina, evita en el estado susceptible de plántula la penetración a la raíz de formas infectivas J2 de *Meloidogyne incognita* en un período de 30 dds, dando lugar a plantas más vigorosas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales del melón

2.1.1. Origen

El melón es una hortaliza de gran importancia a nivel mundial, muchos son los países consumidores que la producen o la importan, su cultivo está distribuido por muchos países de Europa, Asia y América. El origen del melón no está debidamente establecido, algunas autoridades sugieren África, mientras que otras señalan el oeste de Asia. Parece ser que los primeros testimonios sobre el cultivo de esta especie provienen de fuentes egipcias hace unos XXIV siglos a. c., (Zapata *et al.*, 1989).

2.1.2. Clasificación taxonómica del melón

Reino: Vegetal
Phylum: Tracheofita
Clase: Angiosperma
Orden: Campanulales
Familia: Cucurbitaceas
Género: *Cucumis*
Especie: *C. melo*

2.1.3. Distribución geográfica

Esta especie originaria de África esta difundida como cultivo en todo el mundo. En México se tiene registrado áreas de cultivo de esta especie para los estados de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Espinoza, 2000).

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. Existen 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), melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf]. El melón, es el de mayor importancia, tanto por la superficie dedicada a su cultivo como por ser generador de divisas (alrededor de 90 millones de dólares anuales) y de empleos en el área rural (Espinoza, 1998).

El cultivo del melón desde hace veinte años 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 internacional (Claridades Agropecuarias, 2000).

2.1.6. Características morfológicas del melón

El melón 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 cm 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. Los frutos son de tipo redondos u ovalados, indehiscentes, sincárpicos, con semillas blancas o amarillo crema, de forma ovalada, achatada, alargada y de tamaño regular (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, por su ubicación geográfica, es que 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, 2005).

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 posición 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 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 Agropecuarias, 2000).

En el cuadro 1, se puede observar que el cultivo de melón durante el período 1990 – 1998 ha presentado una tendencia a la baja con una reducción en el período de 34.80 %, al dejarse de sembrar 15,068 has. Si bien se tuvo un incremento de 27.54 % en la superficie bajo cultivo al pasar de 43,301 has en 1990 a 55,232 has en 1991, para 1992 empezó a declinar paulatinamente, llegando a 28,233 has en 1998, que además es la menor superficie registrada en el período (Claridades Agropecuarias, 2000; Espinoza, 2000; SIAP, 2002).

En forma general, la reducción en la producción del cultivo del melón se ha dado por la falta de agua en algunas regiones productoras, en otras por los bajos precios que genera la sobre oferta, 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 altibajos durante el ciclo 1990 – 1998, para el último año registrado llegó a la cifra de 4,517 has sembradas, que representan el 15.99 % del total nacional. Le siguen Coahuila, Durango, Michoacán y Colima, con participaciones de 12.09 %, 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 1), (Claridades Agropecuarias, 2000; CAEVA, 1986; Sabori, 1994).

Cuadro 1. Superficie establecida con melón en México de 1990 a 1998.

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 NACIONAL	43,301	55,232	53,272	31,871	31,513	31,585	28,670	32,126	28,233	38,446
RIEGO %	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- INVIERNO %	64.30	64.78	57.70	63.82	54.69	60.26	66.81	61.81	55.30	60.97
PRIMAVERA- VERANO 2006	35.70	35.22	42.30	36.18	45.31	39.74	33.90	38.19	44.70	39.03

Fuente: Claridades Agropecuarias 2000

2.2.2. Producción

Las principales regiones productoras de México, se concentran, en el caso de Michoacán, en Nueva Italia, El Aguaje, Pucúán, 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 a la superficie cosechada, con excepción de 1996, cuando la producción, mostró altibajos con fluctuaciones en por ciento de +23.33, -23.17, -20.48, +13.31, -5.08, +11.34, +25.04, y -6.23, de 1991 a 1998, período en que la máxima fue de 645, 254 toneladas, registrada en 1991 y la menor en 1993 con 394,216 toneladas (Cuadro 2), (Claridades Agropecuarias, 2000; Espinoza, 2000).

Observando el cuadro 2, 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, y que en conjunto suman 71.49 % de la producción nacional (Claridades Agropecuarias, 2000; CAEVA, 1986; Sabori, 1994).

Cuadro 2. Producción anual en toneladas 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 NACIONAL	523,194	645,254	495,732	394,216	446,674	423,972	472,045	590,237	553,450	498,915
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 (INFOAGRO, 2007).

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 esta limitado, hasta el año 2003, por los altos aranceles que aplican los países receptores cuando inician la producción doméstica, que en nuestro caso 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 crecen 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 1960; 79,083 toneladas, en 1970, 102,502 toneladas en 1980, 206,340 toneladas, en 1990 y 211,136 toneladas en 1998 (Claridades Agropecuarias, 2000; Fú, 2002; Rex, 1969).

Hasta 1987, el melón ocupaba el tercer sitio entre los productos hortícolas 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, ya que consume más del 99 % de las exportaciones; hasta septiembre de 1999 importó 99.82 %. Otros países que importan melón de México en porcentajes mínimos, en ocasiones de una tonelada, pero que en volumen no dejan de ser importantes son: Japón, Países Bajos, Canadá, Gran Bretaña, Bélgica, Francia y Hong Kong. De estos algunos han adquirido melón mexicano, una sola vez entre 1996 y 1999. 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 período (cuadro 3), (Claridades Agropecuarias, 2000; Islas, 1992; SARH, 1992).

Aún 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 %, de 38.13 % en 1997 y 34.17 % en 1998, lo que muestra una clara tendencia a la baja. Esta situación también se presenta en el melón *Honey Dew* (Claridades Agropecuarias, 2000; USDA-AMS, 2002).

Cuadro 3. Relación de exportaciones – producción de melón.

	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

Fuente: 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 has 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 4), (El siglo de Torreón, 2005).

Cuadro 4. Resumen de la producción de melón en la Comarca Lagunera

AÑO	TOTAL (Ton)		PRODUCCIÓN (Ton)	VALOR (\$)
	Sembradas	Cosechadas		
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: "El siglo de Torreón".

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. trifolii* (Burgess), chicharrita *Empoasca fabae* (Harris), gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hubner), gusano falso medidor *Trichoplusia ni* (Hubner), gusano barrenador de la guía *Diaphania nitidalis* y *D. hyalinata* (Stoll), grillos *Gryllus* (= *Acheta*) spp, 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: Ahogamiento o Damping off *Pythium* spp, Tizón tardío *Phytophthora* spp, Costra negra o sarna negra *Rhizoctonia solani*, Antracnosis *Colletotrichum orbiculare*, Podredumbre carbonosa *Macrophomina phaseolina* (Tassi), Mancha foliar *Alternaria cucumerina* (Ellis & Everhart, Elliot), Cenicilla *Podosphaera xanthii*, Marchitez vascular causado por *Fusarium* spp y *Verticillium dahliae* (Kleb) (Bastarrachea, 2007).

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 otros agentes causales de enfermedades 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 (CMV), Virus Mosaico de la Sandía variante 2(WMV-2), Virus Mancha Anular del Papayo variante Sandía (PRSV-W), Virus Mosaico de la Calabaza (SqMV), Virus Amarillo del Zucchini (ZYMV), Virus del Amarillamiento y Achaparramiento de las Cucurbitáceas (CYSDV) (Chew y Jiménez, 2002).

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 chícharo pequeño y contenían quistes con paredes hialinas. También se encontraron huevecillos elípticos encerrados en las membranas hialinas y contenían pequeños gusanos nematoides. Observó 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, comprobó el papel del nematodo como la causa de esta enfermedad y dio el nombre de *Meloidogyne exigua* al nemátodo agallador (Taylor y Sasser, 1978).

Los nematodos del suelo son gusanos diminutos que provocan la hipertrofia de las raíces, formando tumores que dan la apariencia de morcilla. Causan la necrosis y más tarde la podredumbre de los tejidos y de las raíces, el sistema radicular de las plantas atacadas muestra una fuerte 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 virales (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*

Especie: *M. incognita*

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 (UCD, 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, su longitud es variable de 1.5 – 7.0 milimicras de lo ancho en la parte anal del cuerpo (UCDa, 2006).

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. Estilete delgado con bien definidos nódulos basales (Mai y Lyon, 1975).

Las larvas migratorias de 2º 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, metacarpus 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 (Jenkins 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 ahusado. Los machos adultos son sin excepción

gusanos delgados. Los nematodos parásitos de las plantas carecen de apéndices (Taylor, 1971).

2.5.3. Hospedantes

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, enlista 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 2,000 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, cacahuete, 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, resultando 2 células, 4, 8, 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 duración 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), 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). En mismo California se reporta que el ciclo de vida de *M. incognita* se completa en 20 – 25 días a 21.3°C (UCD, 2006b).

Para describir los estados de desarrollo del ciclo de vida de *Meloidogyne incógnita*, se utiliza una modificación del sistema de Christie. Este sistema modificado divide el ciclo de vida del nematodo de los nódulos radiculares en siete grupos de desarrollo, basados principalmente en las formas del cuerpo del nematodo. La extensión del desarrollo de las gónadas, la presencia de glándulas esofágicas y 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. Poblaciones de *Meloidogyne* spp y su relación con daño

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 g 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, entre otros) 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).

Meloidogyne spp causa serios daños al melón, ya sea por las lesiones causadas el ataque de estos o por el complejo de nematodo–hongo. Varios hongos, pero particularmente *Fusarium* spp, 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 dos terceras partes 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, causan un gran impacto en el desarrollo final.

2.5.5.1. Síntomas causados por *Meloidogyne* spp

Los síntomas aéreos consisten en un retraso del crecimiento, marchitamiento, amarillamiento y achaparramiento. Mientras que los síntomas subterráneos consisten en una ramificación excesiva de la raíz, lesiones en la raíz, nódulos radiculares o agallas y finalmente la pudrición de la raíz (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 del ataque de *Meloidogyne* spp 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 son 2 – 3 veces de mayor diámetro comparadas con las raíces sanas. Se pueden presentar múltiples 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 pudrición de raíces (Brust *et al.*, 2003; 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).

Índice de agallamiento

De acuerdo con Barker (1985), existen varias escalas 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.

Así mismo, 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 1 mm, 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 3 mm, 4 = Agallas numerosas y unidas,

con un diámetro promedio entre agallas entre 3 y 4 mm, 5 = Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio de agallas mayores de 4 mm (Maluf *et al.*, 2002).

2.5.5.2. 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 2º instar penetran las células de la raíz próximas a la zona de elongación por medios mecánicos a través de repetidos y rápidos embates de sus estiletes y probablemente por medios químicos (celulosa y pectinasa). 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 más 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 la lamela media.

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. Después de que la larva alcanza lo que será su sitio permanente, en sus estados subsecuentes se alimenta solamente sobre células que rodean su parte anterior (Jenkins y Taylor, 1967).

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), 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; UCD, 2006).

Los J2 de *M. incógnita* entran en el ápice de la raíz y avanzan entre y a través de las células en los tejidos de la corteza en la zona de elongación hasta que 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 muda para alcanzar el estado adulto (UCD, 2006b).

2.6. Manejo integrado de nematodos

El manejo integrado de plagas se define como “un enfoque ambiental, eficaz, y de concientización para el manejo de plagas agrícolas y no agrícolas, que se basa en una combinación de herramientas para su control”. El MIP utiliza programas de uso actual, de amplia información sobre los ciclos de vida de las plagas y su interacción con el medio ambiente. Esta información, en combinación con la disposición de métodos de control de plagas como uso de técnicas biológicas, culturales, físicas y químicas, se utiliza para reducir los daños de plagas por el medio más económico, y con el menor peligro posible para las personas, los bienes y el ambiente (US EPA, 2008).

Actualmente, el manejo integrado de nematodos utiliza consideraciones que incluyen: la rotación con cultivos menos susceptibles o variedades resistentes, prácticas culturales y el uso de tratamientos nematicidas antes de los trasplantes y postrasplantes. Estas prácticas son generalmente integradas en el verano o en invierno "fuera de temporada" del cultivo. Se debe reconocer que utilizar únicamente las prácticas culturales el manejo del suelo, no es igualmente eficaz para el control de nematodos parásitos de plantas en comparación con la integración de métodos químicos, que tienden a reducir gradualmente las poblaciones de nematodos a través del tiempo. Para el manejo integrado de nematodos se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones específicas, tales como el tipo de suelo, la temperatura, la humedad, pueden ser muy importantes para determinar si las diferentes prácticas pueden ser utilizados eficazmente para el manejo de nematodos (UF/IFAS, 2008).

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 los 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 sustratos orgánicos, entre otros (Santiago, 2006; UF/IFAS, 2008).

Las prácticas culturales como barbechos, inundaciones, aplicaciones de abonos orgánicos, cultivo de plantas de cobertera 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 cantidad 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 ellas (Cepeda, 1996).

2.6.1.1 Barbecho

El barbecho durante la temporada baja es probablemente la más importante y eficaz medida de control cultural para disminuir la población de nematodos. Cuando las fuentes de alimentos ya no son fácilmente disponibles, la densidad de población de nematodos disminuye gradualmente con la muerte que se produzca como consecuencia de la inanición causada por la acción al secado del suelo por el viento y el sol. Debido a la amplia gama de huéspedes de muchas especies de nematodos, la maleza y cultivos voluntarios deben ser controlados durante el período de barbecho para evitar la reproducción y además el aumento de la población (UCD, 2006).

2.6.1.2. Inundación

Las inundaciones han demostrado suprimir las poblaciones de nematodos. En ciclos de inundación de 2 a 3 semanas favorecen la disminución de nematodos del suelo en la producción agrícola (UF/IFAS, 2008).

2.6.1.3. Solarización

Solarización del suelo es una técnica no química que se establece con láminas delgadas de polietileno transparente sobre el suelo húmedo, en un período de 6 a 12 semanas exponiendo el suelo al calor solar a temperaturas letales a los nematodos del suelo y otros patógenos. La temperatura del suelo se magnifica debido a la captura de la radiación solar entrante en los paneles de polietileno. Para ser eficaz, el suelo debe mantener un alto contenido de humedad para aumentar la susceptibilidad (sensibilidad térmica) a cargo de las plagas del suelo y la conductividad térmica del suelo (UCD, 2006).

2.6.2. Rotación de cultivos

Uno de los métodos más antiguos y baratos 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 trasplante, con posturas sanas y se cosecha entre 17 y 22 días para eliminar parte de la población de adultos de *Meloidogyne* y de huevecillos, de esta manera evitar una infestación fuerte al cultivo deseado. 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 cempasuchitl o flor de muerto *Tagetes erecta*. 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 (Barham, 2005).

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

Este método consiste en la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un período determinado (Santiago, 2006).

Tiene como propósito reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, para que luego sea conveniente la producción del cultivo de interés (Barker y 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 período de rotación. Luego de tres 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 al 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 período 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 cultivos de 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 períodos de 6 meses hasta un máximo de 18 meses. Se evaluó también el deshierbe 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 deshierbe 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. Román (1978), recalcó que para combatir a *Meloidogyne* era necesario evitar la rotación con cultivos susceptibles a ese nematodo, como la mayoría de las hortalizas.

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 se obtienen los híbridos, los cuales se van a cruzar con el progenitor 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 plaguicidas, muchos de los cuales son tóxicos a mamíferos, algunos de ellos son biocidas (Webster, 1972). En los últimos años, el uso indiscriminado de estos plaguicidas 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 efectos, sean aquellas naturales o inducidas, directas o indirectas, causadas por otro organismo o grupo de organismos. Más completa aún, es la definición dada por Jenkins y Colaboradores (1967): control biológico es cualquier condición bajo la cual se reduce la actividad del nematodo debido a la acción de otros organismos 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, ya que 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 producto carbámico con actividad sistémica y se usa para combatir a una amplia gama de nematodos. Además de ser extremadamente tóxico puede producir toxicidad en algunos cultivos, aún a las dosis recomendadas. El Carbofuran (Furadan), es un Metil carbamato que tiene actividad nematicida de corta duración 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 materiales 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 trasplantes y protegen el desarrollo inicial de las raíces de las plantas, ya sea por semilla o trasplante (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) granulada 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; UF/IFAS, 2008).

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 combates 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 mucho más conveniente método 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).

Abamectina (Avicta) 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 B(2a) 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. No 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 g y rendimiento de fruto con 312.0 g. De igual manera se obtuvo un incremento significativo en longitud de raíz (24.5 cm) y peso fresco de raíces (6.95 g) (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. Semillas de pepino tratados con Avicta en California (EUA), el agallamiento y reproducción del nematodo de los nódulos radiculares fue similar al testigo sin aplicación al final de temporada (Chen *et al.*, 2006).

El tratamiento a semilla de pepino con Avicta presenta los beneficios siguientes: 1) Se utilizan pequeñas cantidades de ingrediente activo (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 siete a 20 g 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 y 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).

2.7. 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 g/lit, en una formulación de solución floable. Actúa 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 a este nivel, de un compuesto químico el Acido Gamma Aminobutírico 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 de cloro, hiperpolarizan la neurona, lo que produce la interrupción de los impulsos nerviosos del parásito y en consecuencia su muerte por parálisis flácida y eliminación del parásito. Este modo de acción original es propio de las avermectinas, entre ellas la abamectina y la distingue de las otras familias de sustancias antiparasitarias.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de realización del estudio

El presente estudio se realizó en el interior de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, localizado en el Ejido San Antonio de los Bravos, Mpio. de Torreón, Coah., que de acuerdo al GPS StreetPilot™ Garmin, se encuentra ubicado geográficamente a los 25° 33' 367" de latitud norte, 103° 22' 498" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1107 m.

Para el trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con 4 repeticiones; cada unidad experimental constó de 6 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por tratamiento y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Distribución del diseño experimental de bloques completamente al azar utilizado para evaluar Abamectina (Avicta 400 FS) aplicado en el tratamiento a semilla de melón para el control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en Torreón, Coah., México. 2008.

1	4	3	4
3	2	1	2
2	3	4	3
4	1	2	1
I	II	III	IV

I, II, III, IV = Tratamientos
 1, 2, 3, 4 = n: Repeticiones
 n = 4
 T = 4

Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de Abamectina y un testigo sin aplicación y se presentan en el Cuadro 6. La aplicación del producto Avicta 400 FS se efectuó directamente a la semilla de melón de la variedad Crusier® por el método de slurry, el cual consistió en vaciar en un vaso de precipitado la dosis recomendada de abamectina (Avicta 400 FS) de cada uno de los tratamientos por separado, más 1.5 ml de agua y mezclar con 1000 semillas de melón, excepto el testigo absoluto sin aplicación para cada uno de los tratamientos a evaluar por separado, excepto el testigo absoluto sin aplicación.

Cuadro 6. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador del melón (*Meloidogyne incognita*) en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis mg i.a./1000 semillas	Dosis ml PF/1000 semillas
1. Testigo absoluto (Sin aplicación)	-	-
2. Abamectina (Avicta 400 FS)	160.0	0.40 ml
3. Abamectina (Avicta 400 FS)	240.0	0.60 ml
4. Abamectina (Avicta 400 FS)	400.0	1.00 ml

i.a.: ingrediente activo; PF: Producto Formulado
Fuente: Empresa Syngenta

Para iniciar el trabajo de campo el día 27/04/08, se colectó suelo y raíces de arbustos de truenos de los jardines de la UAAAN – UL infestados con nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, ya que el trueno *Ligustrum lucidum* es uno de los hospederos importantes para la supervivencia de este nematodo fitoparásito. Se extrajeron 10 submuestras de suelo y raíces, para luego realizar la homogenización de una muestra compuesta.

Después de obtener la muestra compuesta de suelo y raíces de truenos, se tomaron trozos de raíces, las cuales fueron disectadas en el Laboratorio de Parasitología y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se determinó la presencia de hembras y huevecillos de *Meloidogyne incognita*, con la finalidad de verificar la viabilidad de los nódulos radiculares. Al observar las raíces de trueno *L. lucidum* extraídas, se detectó una gran cantidad de nódulos radiculares, lo que nos demostró una severa infestación de este nematodo y por ende altas infestaciones de este patógeno en el suelo utilizado para desarrollar las plantas de melón.

Las bolsas de polietileno utilizadas de una capacidad de 3.5 kg se llenaron con 3.0 kg del suelo, actividad que se realizó poco después de coleccionar las submuestras y obtener la muestra compuesta, para evitar la inanición de los nematodos expuestos al sol y al viento. De los 288 kg de suelo coleccionado se utilizaron $\frac{3}{4}$ partes para llenar las macetas de los tratamientos de 1.00, 0.60 y 0.40 ml i.a. de Avicta 400 FS en 1000 semillas (Cuadro 6), mismas que fueron colocadas directamente sobre la tierra en macetas y etiquetadas con sus datos correspondientes y para el testigo se utilizó la otra $\frac{1}{4}$ parte del suelo restante, mismo que fue esterilizado con pastillas de fosforo de aluminio durante 12 horas para eliminar la presencia de nematodos y posteriormente se expuso al sol con una cubierta de polietileno con el mismo fin.

Las macetas del testigo absoluto fueron colocadas sobre una tarima para evitar la contaminación de nematodos provenientes del suelo. La siembra se llevó a cabo el día 02/05/08 y esta se efectuó con un riego de presembrado a tierra venida, se colocaron 2 semillas de la variedad de melón

Crusier® por maceta para garantizar la germinación; a partir de la siembra se aplicó un riego constante a diario para mantener el suelo húmedo.

Las semillas de melón de la variedad Crusier fueron sembradas dos por maceta en 3.0 kg de suelo en bolsas de polietileno de 3.5 litros de capacidad. El suelo fue tratado e inoculado de la siguiente manera.

La emergencia de las plántulas se llevó a cabo ocurrió el día 06/05/08 a 4 días después de la siembra (dds) en un 95 % de las macetas, el otro 5 % se llevó a cabo un día después. A los 3 días después de la emergencia se realizó el aclareo para dejar solamente una plántula por maceta. Las labores culturales se realizaron una vez por semana como el aporque y deshierbes. La fertilización se aplicó el día 20/05/08 y posteriormente de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las plantas. En un lapso de 15 días a partir de la emergencia tuvo efecto el desarrollo vegetativo y la aparición de las guías y el día 25/05/08 el comienzo de la floración. Para el caso del manejo de insectos plaga y hongos fitopatógenos no se aplicó algún insecticida o fungicida por que no se observaron la presencia y síntomas en las plantas.

A los 30 días posteriores a la siembra tomando en cuenta los días a partir de la emergencia, el día 05/06/08 se realizó la toma de datos de los parámetros para evaluar y determinar el vigor de las plantas. Las plantas fueron extraídas de las bolsas de plástico y fueron lavadas con un chorro de agua de la llave a presión, para descubrir completamente el sistema radicular; esta maniobra se realizó con mucho cuidado para no dañar las raicillas más delgadas.

Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas de melón, las plantas se colocaron en papel periódico humedecido e introducidas en bolsas de polietileno etiquetadas para ser trasladadas al Laboratorio de Parasitología de la UAAAN UL, para llevar a cabo la medición individual de cada planta, tomando los datos de la longitud de raíz y diámetro de la base del tallo con un vernier. Además se tomó el peso de la raíz y el peso del follaje con una báscula electrónica Santorius Modelo QT6100 y visualmente se realizó el conteo del número de guías y agallas radiculares (de acuerdo con la escala propuesta por Barker).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que las plantas de melón de la variedad Crusier® en el presente estudio se desarrollaron en un ambiente con suelo uniformemente infestado con altas densidades del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, en comparación con plantas de lotes comerciales donde la distribución de este nematodo no es uniforme y que de acuerdo a lo señalado por Robinson (2006) los lotes solo pueden sufrir en muchas ocasiones solo un 10 % de infestación, se obtuvieron los resultados siguientes:

Vigor de las plantas

Para evaluar y determinar el vigor de las plantas, diámetro de la base del tallo, longitud de la raíz, peso radicular, número de guías, peso del follaje, e índice de agallamiento en los diversos tratamientos, se les aplicó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con un $\alpha = 0.05$ utilizando el paquete de análisis estadístico SAS®, como también la escala propuesta por Barker (1985) para determinar únicamente el índice de agallamiento en el sistema radicular.

Diámetro de la base del tallo

El diámetro de la base del tallo de las plantas de melón después de 30 días a la siembra se presenta en el cuadro 7. El tratamiento 4 (1.00 ml/1000 semillas) fue significativamente diferente a los otros tratamientos, con una media de 0.95 cm presentó el mayor diámetro de tallo de plantas, seguido por el tratamiento 3 (0.60 ml/1000 semillas) con una media de 0.925 cm y 2 (0.40 ml/1000 semillas) con una media de 0.879 cm, que obtuvieron medidas de tallos estadísticamente iguales, el testigo sin aplicación con una media de 0.862 cm mostró los menores valores de diámetro de tallo, de acuerdo a la comparación de medias en la prueba de Tukey.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 1.00, 0.60 y 0.40 ml de Abamectina /1000 de semilla (Avicta 400 FS) concuerdan con los resultados obtenidos por Driver y Louis (2006) en melón a los 21 dds, y por Becker *et al.*, 2004, así como los obtenidos por Morales en 2007 a los 30 dds en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo.

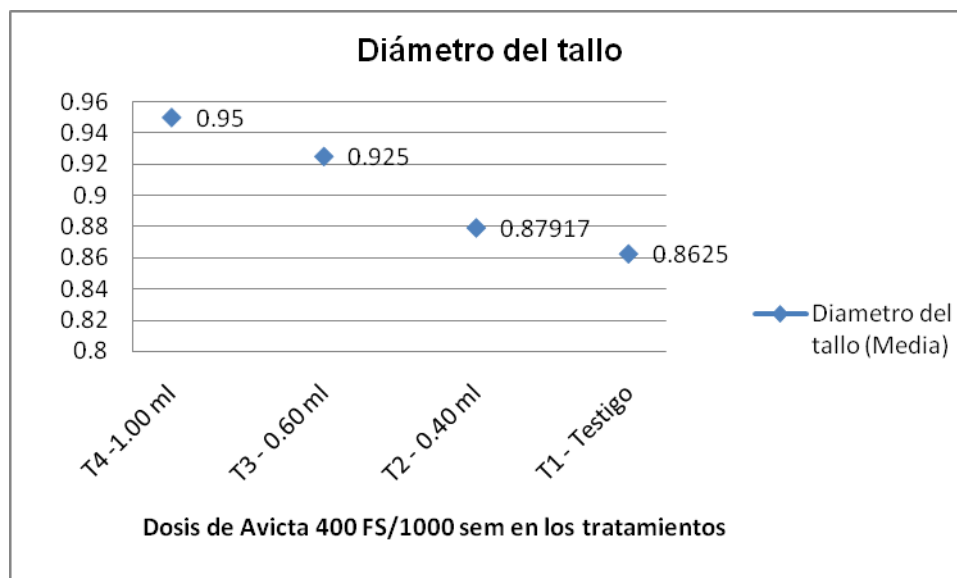
Cuadro 7. Comparación de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Diámetro del tallo (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)	
4	1.00 ml	0.95000	A*	
3	0.60 ml	0.92500	A	B
2	0.40 ml	0.87917	A	B
1	Testigo	0.86250		B

PF: Producto formulado

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

C.V.:4.53



Gráfica 1. Gráfica de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Longitud de la raíz

La comparación de medias de la longitud de la raíz de las plantas del melón de acuerdo a la prueba de Tukey, demostró que los resultados de los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe una diferencia significativa como lo podemos observar en el cuadro 8 y gráfica 2. Sin embargo, se observa una tendencia a ser mayor la longitud de la raíz al ser mayor la dosis de abamectina con que se trataron las semillas, el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con una media de 21.3 cm mostró tener plantas ligeramente más vigorosas que el tratamiento 3 (0.60 ml de dosis de PF/1000 semillas) con una media de 20.5 cm, seguidos del tratamiento 1 (correspondiente al testigo) y el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con una longitud radicular media de 19.7 cm.

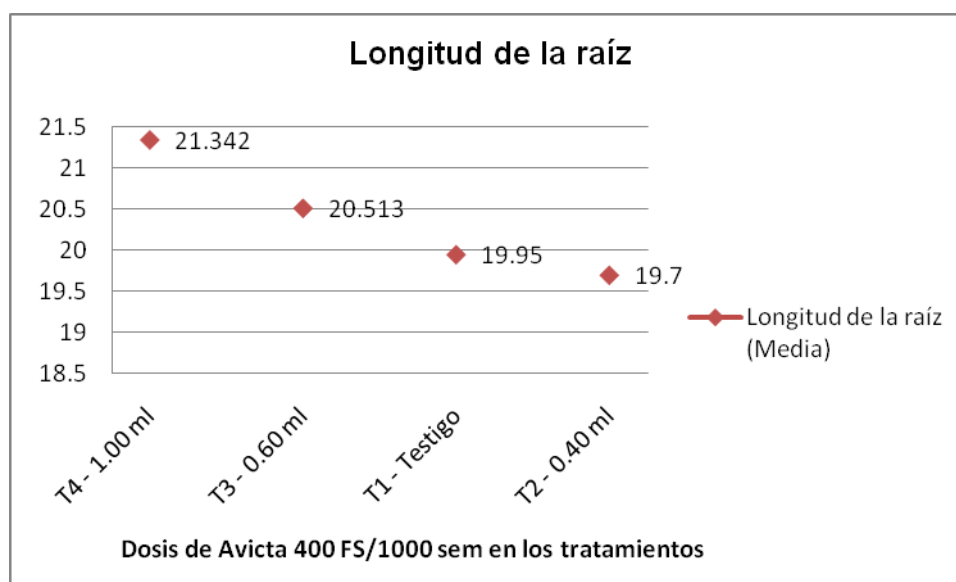
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Longitud de la raíz (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	21.342	A*
3	0.60 ml	20.513	A
1	Testigo	19.950	A
2	0.40 ml	19.700	A

PF: Producto formulado

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

C.V.: 8.4542



Gráfica 2. Gráfica de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Peso radicular

Con respecto a la evaluación del peso radicular, la comparación de medias en la prueba de Tukey (ver cuadro 9 y gráfica 3), nos muestra una diferencia significativa en los tratamientos 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) obteniendo una media de 9.1 g, siendo el tratamiento que mostró más peso radicular y el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) que obtuvo una media de 6.7 g, con respecto a los tratamientos 1 (testigo) y el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) que resultaron estadísticamente iguales con 3.6 g y 4.1 g respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 1.00, 0.60 y 0.40 ml de Abamectina /1000 de semilla mostraron resultados similares a los obtenidos por Driver y Louis (2006) en melón a los 21 dds, y por Becker *et al.*, 2004, así como los obtenidos por Morales en 2007 a los 30 dds en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo.

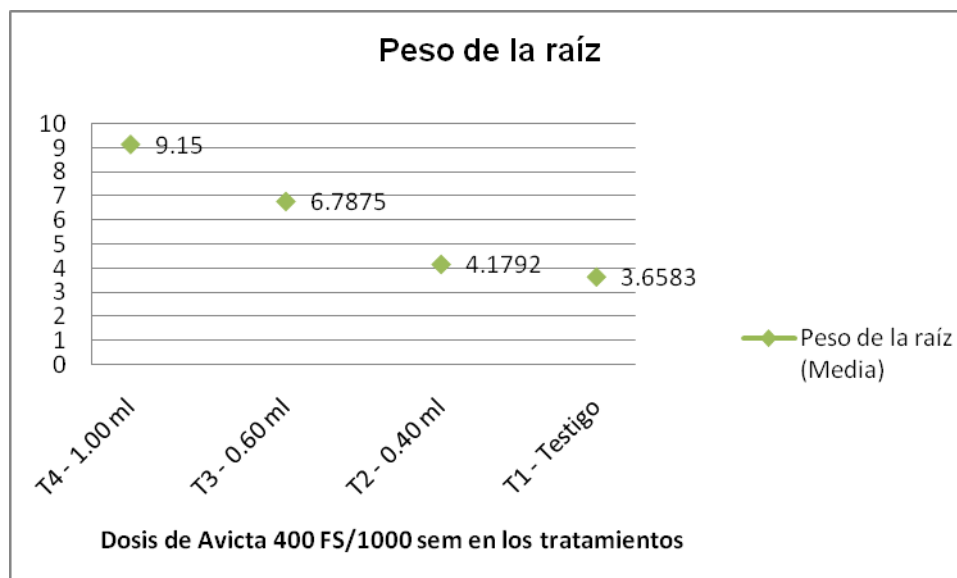
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Peso de la raíz (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	9.1500	A
3	0.60 ml	6.7875	B
2	0.40 ml	4.1792	C
1	Testigo	3.6583	C

PF: Producto formulado

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

C.V.: 16.1695



Gráfica 3. Gráfica de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Número de guías

Al evaluar el número de guías de las plantas de melón, de acuerdo a la comparación de medias en la prueba de Tukey, los tratamientos 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas), 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) y 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) resultaron estadísticamente iguales (ver cuadro 10 y gráfica 4) y superiores al testigo sin aplicación. Sin embargo, el tratamiento 3 exhibió una diferencia mínima de plantas con el mayor número de guías con una media de 3.0 guías, seguido del tratamiento 4 con una media de 2.95 guías y el tratamiento 2 con una media de 2.91 guías. El tratamiento 1 correspondiente al testigo fue el que menos número de guías obtuvo con una media de 1.54.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 1.00, 0.60 y 0.40 ml de Abamectina /1000 de semilla concuerdan con los resultados obtenidos por Driver y Louis (2006) en melón a los 21 dds, y por Becker *et al.*, 2004, así como los obtenidos por Morales en 2007 a los 30 dds en el cultivo de melón en Bermejillo, Dgo.

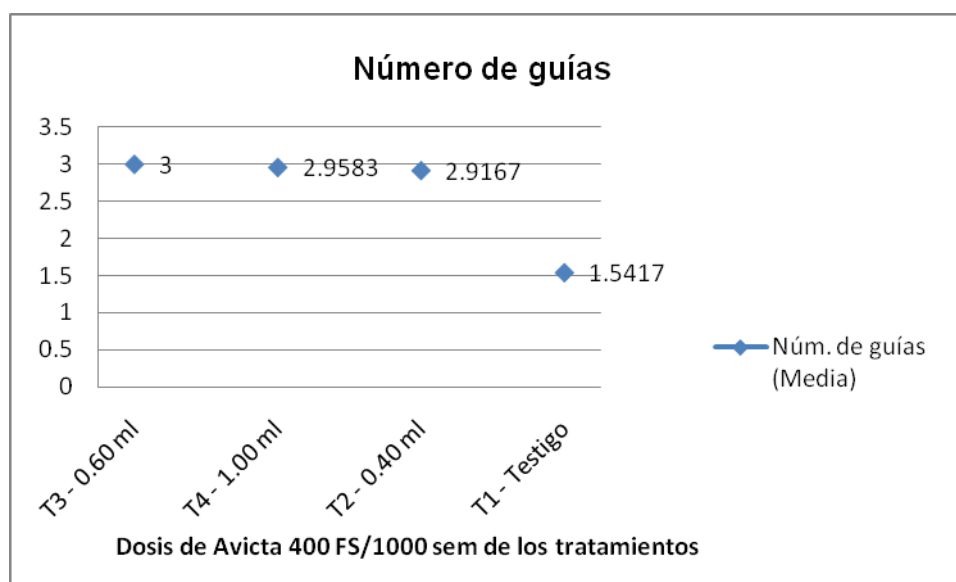
Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación del número de guías con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Núm. De guías (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
3	0.60 ml	3.0000	A*
4	1.00 ml	2.9583	A
2	0.40 ml	2.9167	A
1	Testigo	1.5417	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 7.9464



Gráfica 4. Gráfica de medias en la evaluación del número de guías con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Peso del follaje

De acuerdo a la prueba de Tukey, todos los tratamientos evaluados para el peso del follaje de las plantas del melón son iguales estadísticamente hablando y no existe una diferencia significativa entre tratamientos (ver cuadro 11 y gráfica 5). Sin embargo, es prudente señalar que el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) obtuvo un mayor peso obteniendo una media de 81.025 g, mostrando una diferencia mínima en peso con respecto al tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 76.729 g, seguido del tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) que obtuvo una media de 62.792 g y en último lugar se ubica el tratamiento 1 correspondiente al testigo quien fue el que menor peso del follaje obtuvo con una media de 59.913 g.

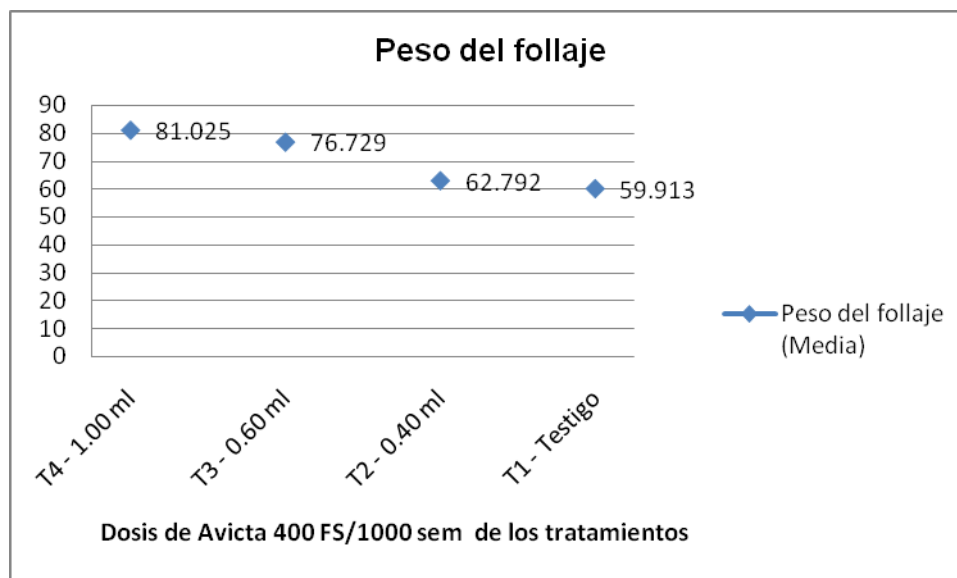
Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Peso del follaje (Media)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	81.025	A*
3	0.60 ml	76.729	A
2	0.40 ml	62.792	A
1	Testigo	59.913	A

PF: Producto formulado

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

C.V.: 17.6889



Gráfica 5. Gráfica de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Índice de agallamiento radicular

Al evaluar el índice de agallamiento de acuerdo a la prueba de Tukey, se muestra que existe una diferencia significativa en el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con una media de 82.96 agallas radiculares (ver cuadro 12 y gráfica 6), con respecto a los tratamientos 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con una media de 22.69 agallas radiculares, tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 20.38 agallas radiculares y el tratamiento 1 (testigo absoluto) con una media de 0.13 agallas radiculares que fueron iguales estadísticamente hablando.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 1.00, 0.60 y 0.40 ml de Abamectina /1000 de semillas de melón, presentan mayor índice de agallamiento, concordando con los resultados obtenidos por Appleman y Hanmer (2003) en trabajos realizados en lechuga a los 45 dds y con el agallamiento similar al testigo sin aplicación en pepino obtenidos por Chen *et al.*, 2006.

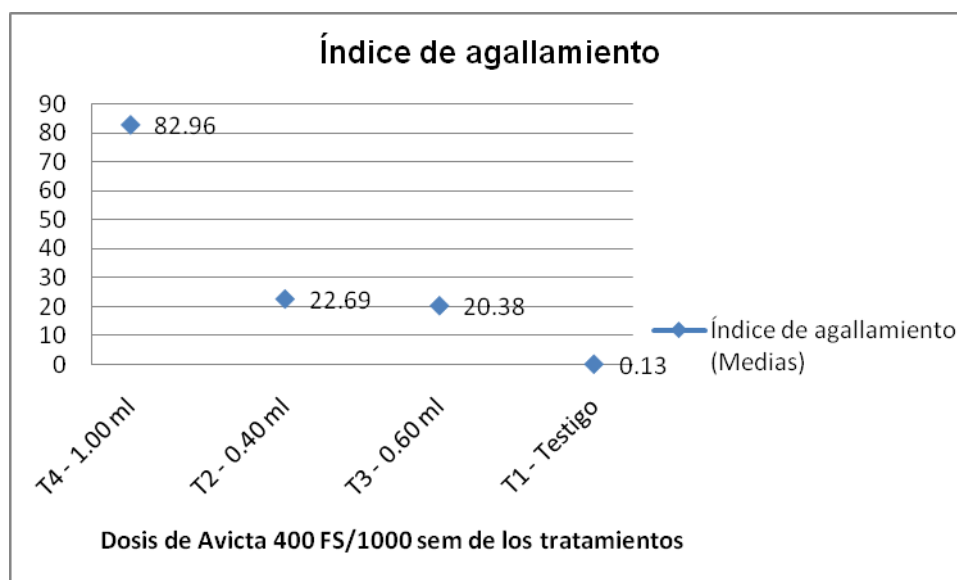
Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Índice de agallamiento (Medias)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	82.96	A
2	0.40 ml	22.69	B*
3	0.60 ml	20.38	B
1	Testigo	0.13	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 63.4442



Gráfica 6. Gráfica de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de melón en Torreón, Coah., México. 2008.

El sistema utilizado para obtener el índice de agallamiento de acuerdo a la escala propuesta por Barker (1985), está basada en el índice 0 – 10.

De acuerdo con lo citado por Barker el índice de agallamiento de los distintos tratamientos quedó de la siguiente manera: el tratamiento 1 correspondiente al testigo absoluto con una media de 0.13 % obtuvo un índice de agallamiento de 0 (sin agallas), el tratamiento 2 con una dosis de 0.40 ml de Abamectina (Avicta 400 FS/1000 semillas) con una media de 22.69 %

otorgó un índice de agallamiento de 3 (21 – 30 agallas), el tratamiento 3 con una dosis de 0.60 ml de Abamectina (Avicta 400FS/1000 semillas) con una media de 20.38 % mostró un índice de agallamiento de 2 (11 – 20 agallas) en la escala y el tratamiento 4 con una dosis de 1.00 ml de Abamectina (Avicta 400 FS/1000 semillas) y una media de 82.96 % de agallas presentó el índice de agallamiento más alto correspondiente a 9 (81 – 90 agallas).

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Las dosis de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00, 0.60 y 0.40 ml/1000 semillas de melón, ofrecieron el mayor desarrollo de diámetro de la base del tallo y número de guías en plantas a los 30 dds.
2. Las dosis de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00, 0.60 y 0.40 ml/1000 semillas de melón otorgaron el mayor peso de raíz, a los 30 dds.
3. Las dosis de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00, 0.60 y 0.40 ml/1000 semillas de melón resultaron con valores estadísticos similares en los tratamientos, para el peso del follaje y para la longitud de la raíz.
4. Las 3 dosis evaluadas de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00, 0.60 y 0.40 ml/1000 semillas presentaron mayor índice de agallamiento en el sistema radicular que el testigo sin aplicación, a los 30 dds.
5. Se sugiere el uso de Abamectina (Avicta 400 FS) a una dosis de 1.00 y 0.60 ml/1000 semillas de melón, para el control de *Meloidogyne incognita* en el suelo con altas infestaciones, a los 30 dds.

VI. RECOMENDACIONES

*El tratamiento a semilla con Abamectina (Avicta 400 FS) presenta los siguientes beneficios: 1) Se utilizan pequeñas cantidades de i.a por ha. 2) La aplicación se dirige al patógeno. 3) Reducción en costos al incrementar la eficiencia operacional. 4) Se reducen los efectos sobre organismos benéficos. 5) Se reducen los riesgos de resistencia y 6) Es compatible con otras estrategias de manejo integrado de plagas.

*Retrasando la penetración del nematodo durante el altamente sensitivo estado de plántula, con tratamiento a semilla de Abamectina (Avicta 400 FS), es a menudo suficiente para el establecimiento de un vigoroso sistema radicular.

*Dado que el cultivo de melón las 2/3 partes de la reducción final en desarrollo de plantas resulta del ataque del nematodo de los nódulos radiculares durante las primeras dos semanas después de la siembra, es recomendable la utilización del tratamiento a semilla con Abamectina (Avicta 400 FS).

VII. LITERATURA CITADA

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA), 2008. Manejo Integrado de Plagas (IPM). [En línea]. <http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.epa.gov/opp00001/factsheets/ipm.htm&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3DDefinition%2BManagement%2Bintegrated%2Bof%2Bpest%26hl%3Des>. [Fecha de consulta: 21/09/08].
- 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. An Agricultural. Training Aid. Departament 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: 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). Tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Torreón, Coah., México. pp. 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: 13/08/07].

- 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/htm>. [Fecha de consulta: 31/05/07].
- 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/pesp/strategies/2005/cmrab05.htm>.
[Fecha de consulta: 21/09/07].
- California Melon Research Advisory Board's 2006 Strategy. (CMRAB). 2006. [En línea]. <http://www.epa.gov/pesp/strategies/2006/cmrab.htm>.
[Fecha de consulta: 02/09/07].
- 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. pp. 132-188
- Chen, X., S. Muller and J.O. Becker. 2006. Improved Plant Protection Against Root-Knot Nematodes by Combining Biological Control and Biorational Approaches. [En línea]. University of California. Riverside, Ca.
<http://www.mbao.org/2006/06PowerPoints/MBA0%20PDFs/Preplant/10%20%Biorationals/Becker.pdf>. [Fecha de consulta: 21/09/07].

- 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. 161-195.
- Claridades Agropecuarias 2005. 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%20Biorationals/Driver.pdf>. [Fecha de consulta: 02/09/07].
- 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 Económica Agraria (ITEA), Vol. 96. Zaragoza, España. pp. 173-184.
- 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/?aModele=afficheN&cpsidt=18114435.htm>. [Fecha de consulta: 15/06/07].

- 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. pp. 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. Torréon, Coah. pp.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. pp. 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: 22/09/07].
- Islas, E., M. 1992. Posibilidades de Exportación del Melón Mexicano a Japón. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chápingo. Departamento de Economía Agrícola. Chapingo. México. p. 167.
- Información Agropecuaria (INFOAGRO), 2007. El cultivo del melón (INFOAGRO). [En línea]. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm. [Fecha de consulta: 17/09/07].
- 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: 16/10/07].
- 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 14: 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&methodscontrolnemasAvermectin.htm>. [Fecha de consulta: 08/08/07].
- Maluf, W.R., S.M. Acevedo., 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/vol11/gmr0008_full_text.htm. [Fecha de consulta: 30/05/07].
- Mai, W.F., and H.H. Lyon. 1975. Pictorial key to general of plant-parasitic nematodes. Fourth Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. pp 64-65
- Marco, M. H., 1969. El melón: Economía, producción y comercialización. Editorial Acribia. España. pp. 42-64.
- Morales, M. A., 2007. Control de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* en el cultivo de melón en la Comarca Lagunera de Durango. Tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Torreón, Coah., México. pp. 51 – 61.
- 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. p.104
- 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. p.p 65-68.

- Ramírez, D. M., U. Nava, G., y A.A. Fu, C. 2002. Manejo integrado de plagas en el cultivo del melón. Tecnologías de producción y comercialización. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INIFAP. CAELALA. Matamoros, Coah. pp. 129-159.
- Fundación para la Investigación Agrícola (FIAV), 2008. Enfermedades Causadas por Nematodos. DANAC- Venezuela. (FIAV). [En Línea]. <http://www.danac.org.ve/indice/enfermedades.php?letra=X&listado=t&ps=9.htm>. [Fecha de consulta: 25/09/07]
- 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. pp. 225-232.
- Robinson, Elton. February 2006. Gall mapping root-knot nematode variation. [En línea]. Delta Farm Press. <http://deltafarmpress.com/news/060223-gall-mapping/.htm>. [Fecha de consulta: 15/06/07].
- Sabori, P., R. 1994. El Cultivo del Melón en la Costa de Hermosillo. *In*: Ciclo de Seminarios Técnicos CECH 1993. Campo Experimental Costa de Hermosillo de INIFAP. Hermosillo, Son., México. Publicación Especial 12: 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