

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“EVALUACIÓN DE ABAMECTINA EN EL TRATAMIENTO A SEMILLA DE SANDÍA *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum & Nakai PARA EL CONTROL DEL NEMATODO DE LOS NÓDULOS RADICULARES *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.”**

**POR:**

**NOÉ ÁNGEL CRUZ.**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO.**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**MARZO 2012.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"EVALUACIÓN DE ABAMECTINA EN EL TRATAMIENTO A SEMILLA DE SANDÍA *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum & Nakai PARA EL CONTROL DEL NEMATODO DE LOS NÓDULOS RADICULARES *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood."

POR:

NOÉ ANGEL CRUZ

TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL:

  
ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

ASESOR:

  
MC. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:


  
DR. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

ASESOR:

  
MC. CLAUDIO IBARRA RUBIO

  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
División de la Divi:  
Carreras Agrónomi

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. NOÉ ANGEL CRUZ QUE 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:



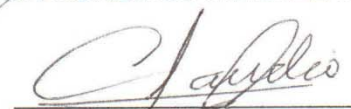
MC. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

VOCAL:



DR. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

VOCAL SUPLENTE:



MC. CLAUDIO IBARRA RUBIO



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO 2012.

## *AGRADECIMIENTOS.*

*A DIOS: que me ha conservado con vida, con salud, que me dio inteligencia, y me ha guiado y cuidado hasta hoy, por estar siempre conmigo como el amigo fiel que ha sido en todo este tiempo. Con cariño y respeto.*

*A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”: por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios dentro de su ámbito profesional y ser así unos más de sus hijos que pondrá su nombre en alto.*

*A MIS ASESORES DE MI TESIS: Ing. José Alonso Escobedo, MC. Javier López Hernández, Dr. Florencio Jiménez Díaz, M.C. Claudio Ibarra Rubio quienes con su gestión sin interés alguno hicieron que todo este trabajo de investigación se desarrollará de la mejor manera.*

## **DEDICATORIAS.**

**A MIS PADRES:** Sr. Amílcar Ángel Salinas y Sra. Eneida Cruz Cifuentes. Quienes han sacrificado gran parte de su vida para formarme, porque nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí... hoy he llegado a realizar uno de mis anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mí se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido. Con amor y respeto. Que Dios los Bendiga.

**A MI HERMANA:** Erika Jazmín Ángel Cruz. Como una muestra de mi gran cariño, por todo el amor y el apoyo brindado y porque hoy veo llegar a su fin una de las metas de mi vida, sólo deseo que entiendas que el logro mío, es el logro tuyo, que mi esfuerzo es inspirado en tí, y que mi único ideal eres tú. Sinceramente.

**A MIS ABUELITOS:** Sr. Noé Ángel Cruz, Sra. Eufrocina Salinas Ocaña y Sra. Esther Cifuentes Ovando. Como un testimonio de gratitud y reconocimiento, por el apoyo que siempre me han brindado y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional, siendo para mí, la mejor de las herencias. Con admiración y respeto.

**A MIS TÍAS Y TÍOS:** Como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por el apoyo moral y estímulos brindados con infinito amor, por su sacrificio en algún tiempo incomprensido, por su ejemplo de superación incasable, por su comprensión y confianza,

*por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional. Por lo que ha sido y será....*

***A MIS PRIMAS Y PRIMOS:** Por ayudarme durante todo este tiempo, por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante hasta conseguir una de mis grandes metas. Por su cariño, amor y amistad, quienes con su apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad.*

## RESUMEN.

El presente estudio se realizó en el mes de octubre de 2010 bajo condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, situada en el ejido San Antonio de los Bravos, Municipio de Torreón, Coahuila. Evaluando la eficacia de 3 dosis de Abamectina correspondiente a 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml, en semillas de sandía de la variedad *Jubilee*, para el control del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*. Los tratamientos a evaluar se ubicaron en un diseño experimental de bloques completamente al azar: T1 testigo absoluto, T2 0.40 ml, T3 0.60 ml, T4 1.00 ml con 4 repeticiones; cada unidad experimental incluía 4 macetas con capacidad de 3 kg., de suelo, para un total de 16 macetas por tratamiento y completando un total de 64 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones. Se realizó la evaluación del índice de agallamiento inspeccionando el sistema radicular de las plantas, así mismo a cada planta se le evaluó el diámetro y longitud del tallo, peso y longitud de la raíz, peso del follaje y número de guías por plantas para determinar su vigor. Se obtuvo menor incidencia de nódulos radiculares en el Tratamiento 1 (1.00 ml) y Tratamiento 3 (0.60 ml), por lo consiguiente estos presentaron mayor vigor en plantas en comparación al Tratamiento 2 (0.40 ml).

**Palabras claves:** *Citrullus lanatus*, *Meloidogyne incognita*, Abamectina, nódulos radiculares.

## ÍNDICE GENERAL.

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Características generales de la sandía	4
2.1.1. Origen	4
2.1.2. Clasificación taxonómica de la sandía	4
2.1.3. Distribución geográfica	5
2.1.4. Importancia de su cultivo	5
2.1.5. Características morfológicas de la sandía	6
2.2. Importancia de la sandía en México	6
2.2.1. Superficie de sandía sembrada en México	7
2.2.2. Superficie cosechada de sandía en México	8
2.2.3. Producción	10
2.2.4. Consumo	11
2.2.5. Valor nutritivo	12
2.2.6. Comercialización	13
2.2.7. Exportación	13
2.3. Importancia de la sandía en la Comarca Lagunera	15
2.4. Problemas fitosanitarios de la sandía	17
2.4.1. Artrópodos plaga de la sandía	17
2.4.2. Enfermedades causadas por hongos	17
2.4.3. Enfermedades causadas por virus	18
2.4.4. Enfermedades causadas por nematodos	18
2.5. Taxonomía, morfología, biología, hábitos y daño de <i>Meloidogyne</i> spp.	19



2.5.1. Ubicación taxonómica	20
2.5.2. Características morfológicas	20
2.5.3. Hospedantes	22
2.5.4. Ciclo de vida	22
2.5.5. Poblaciones de <i>Meloidogyne</i> spp y su relación con daño	24
2.5.5.1. Síntomas causados por <i>Meloidogyne</i>	26
2.5.5.2. Efectos de la infección de <i>Meloidogyne</i> sobre el desarrollo de la planta	28
2.5.5.3. Interacción hospedero – parásito	29
2.6. Manejo integrado de nematodos	31
2.6.1. Control cultural	32
2.6.1.1 Barbecho	33
2.6.1.2. Inundación	34
2.6.1.3. Solarización	34
2.6.2. Rotación de cultivos	34
2.6.3. Control biológico	36
2.6.4. Control químico	37
2.7. Información técnica del producto evaluado	43
III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. Lugar de realización del estudio	44
3.2. Diseño experimental utilizado	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
V. CONCLUSIONES	60
VI. LITERATURA CITADA	61

## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Superficie establecida con sandía en México 2011.	8
Cuadro 2. Superficie cosechada de sandía en México 2011.	9
Cuadro 3. Producción de sandía en México 2011.	11
Cuadro 4. Principales países exportadores de sandía, durante el período 2003 al 2007.	14
Cuadro 5. Evolución de la superficie, producción y valor de la sandía en la Comarca Lagunera 2011.	15
Cuadro 6. Distribución del diseño experimental de bloques completamente al azar utilizado para evaluar Abamectina (Avicta 400 FS) aplicado en el tratamiento a semilla de sandía para el control del nematodo agallador <i>Meloidogyne incognita</i> en Torreón, Coahuila, México. 2010.	44
Cuadro 7. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador de la sandía <i>Meloidogyne incognita</i> en Torreón, Coahuila, México. 2010.	45
Cuadro 8. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	50

Cuadro 9. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	52
Cuadro 10. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	53
Cuadro 11. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	55
Cuadro 12. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	56
Cuadro 13. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	58

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Superficie cosechada de sandía en la Comarca Lagunera por municipio (año 2011).	16
Figura 2. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	51
Figura 3. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	52
Figura 4. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	54
Figura 5. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	55
Figura 6. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	57
Figura 7. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.	58

## I. INTRODUCCIÓN.

La sandía es uno de los productos agrícolas que se cultiva en casi todo el mundo (INFOAGRO, 2007). Esta hortaliza es una de las que más divisas genera a nuestro país debido a los volúmenes que se exportan año con año (Canales, 2006). Durante el año 2011 en México, como resultado de la mayor superficie bajo cultivo, se cosecharon 39,056 hectáreas en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno (SIAP, 2011).

La superficie cosechada dedicada a este cultivo, ha tenido un comportamiento irregular a través de los años afectada por factores climáticos, de mercado y sanitarios. En el caso de los factores climáticos uno de los que afectan es el de las granizadas y heladas. En el caso del mercado, en los años en que la producción se incrementa más allá de determinado nivel se observan situaciones de desplome de precios que provocan desánimo en los productores reflejándose lo anterior en disminuciones en la superficie sembrada al año siguiente. Por último en el caso de los factores sanitarios la sandía se ve afectada por plagas y enfermedades que constituyen uno de los mayores riesgos de pérdida en la producción (Canales, 2006).

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo, la sandía es atacada por diferentes enfermedades ocasionadas por una gran diversidad de organismos entre los cuáles se encuentran: Ceniza u Oidio de las Cucurbitáceas *Sphaerotheca fuliginea* (Schelecht), Chancro Gomoso del Tallo *Didymella bryoniae* (Auersw) , Antracnosis provocada por *Colletotrichum orbiculare* y la Pudrición por *Phytophthora* spp., incluyendo la Pudrición Bacteriana por *Erwinia* y los hongos fitopatógenos *Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Rhizopus* y ocasionalmente *Mucor*, *Fusarium* y *Tricothecium* (Berzoza, 2005). Otros agentes

causales de enfermedades son los virus entre los cuales están: Virus del Cribado del Melón (MNSV), Virus de Mosaico Amarillo del Calabacín (ZYMV), Virus del Mosaico del Pepino (CMV), Virus del Mosaico de la Sandía (WMV-2) (Reche, 1988).

Dentro de las plagas se encuentran: Mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West) y *Bemisia tabaci* (Genn.), Pulgón *Aphis gossypii* (Glover) y *Myzus persicae* (Sulzer), Trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande), Minadores de hoja *Liriomyza trifolii* (Burgess) y *Liriomyza bryoniae*, 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.), Pulga Saltona *Epitrix cucumeris* (Harris), Diabrotica *Diabrotica undecimpunctata* (Mannerheim) y *Diabrotica balteata* (LeConte) (Reche, 1988).

Otro de los problemas fitosanitarios que afecta la productividad de la sandía es la presencia de nematodos (Reche, 1988). Los géneros de nematodos que provocan mayores daños son: Nematodo reniforme *Rotylenchulus reniformis* (Lindford & Oliveira), Nematodo lesionado *Pratylenchus* spp, Nematodo lanza *Hoplolaimus* spp, el Nematodo de los falsos nódulos radiculares *Nacobus* spp, y el Nematodo agallador o nodulador *Meloidogyne* spp (Cepeda, 1996). Siendo el Nematodo agallador o de los nódulos radiculares *Meloidogyne* spp, el de mayor importancia económica por los daños que produce en hortalizas y se encuentra ampliamente distribuido en las regiones hortícolas de México y en el mundo. *Meloidogyne incognita*, es una de las especies que se encuentra distribuida e infestando todas las áreas hortícolas de la Comarca Lagunera (Orona y Robles, 2010).

**1.1 OBJETIVO:**

Evaluar la eficacia biológica de tres dosis de Abamectina, en tratamiento a semillas de sandía cultivadas en macetas, para el control del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.

**1.2 HIPÓTESIS:**

La semilla de sandía tratada con Abamectina, evita en el estado susceptible de plántula la penetración a la raíz de formas infectivas J2 del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Características generales de la sandía.

#### 2.1.1. Origen.

La sandía, también conocida como patilla, melón de agua o melancia, es uno de los frutos de mayor tamaño de cuantos se conocen (INFOAGRO, 2007). Es considerada originaria de países de África tropical y su cultivo se remonta desde hace siglos a la ribera del río Nilo, desde donde se extendió a numerosas regiones bañadas por el mar Mediterráneo. Los pobladores europeos fueron quienes la llevaron hasta América, donde su cultivo se extendió por todo el continente. Hoy en día es una de las frutas más extendidas por el mundo (Reche, 1988).

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica de la sandía.

Reino: Plantae.

Subreino: Tracheobionta.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Dilleniidae.

Orden: Cucurbitales.

Familia: Cucurbitaceae.

Subfamilia: Cucurbitoideae.

Tribu: Benincaseae.

Subtribu: Benincasinae.

Género: *Citrullus*.

Especie: *C. lanatus* (Thunb) Matsum & Nakai.

(Reche, 1988).



### **2.1.3. Distribución geográfica.**

Como uno de los frutos más antiguos, la sandía se cultivó en primera instancia en el centro de África y se distribuyó a través de Europa y Asia, antes de llegar a América. Está difundida como cultivo en todo el mundo (Reche, 1988).

La sandía ingresó a México por el norte, aunque queda la posibilidad de que haya sido traída también por los esclavos africanos que los españoles introdujeron a nuestro país (Tamaro, 1974).

En México se tienen registradas áreas de cultivo de esta especie para los estados de Campeche, Chihuahua, Jalisco, Nayarit, Tabasco, Coahuila, Yucatán, Veracruz, Chiapas, Colima, Tamaulipas, Morelos, Baja California, Baja California Sur y Quintana Roo (Canales, 2006).

### **2.1.4. Importancia de su cultivo.**

La sandía es uno de los productos agrícolas que se cultiva en casi todo el mundo. Por su frescura es un producto muy demandado, principalmente en la época de calor, aunque su agradable sabor lo hace apetecible en cualquier época del año (INFOAGRO, 2007).

Esta hortaliza es una de las que más divisas genera a nuestro país debido a los volúmenes que se exportan año con año (Canales, 2006).

La sandía es un producto que se cultiva en un gran número de países, por la buena aceptación que ha recibido entre los consumidores finales del mundo permitiéndole permanecer en el comercio mundial (Imagen agropecuaria, 2011).

### **2.1.5. Características morfológicas de la sandía.**

Este cultivo está ubicado dentro de las cucurbitáceas y es una planta herbácea, anual y rastrera (Tamaro, 1974).

Las sandías son plantas rastreras anuales de hasta 4 m de longitud. Tallos cubiertos de vello de 1 cm de diámetro aproximadamente, con zarcillos leñosos. Con hojas de hasta 20 cm de ancho por 15 cm de largo, sésiles por el haz, con vello por el envés, peciolada, pinnado-partida. Flores solitarias amarillas de hasta 4 cm de diámetro, estas aparecen en la misma planta aunque son completamente masculinas o femeninas. Sus frutos son comestibles muy grandes de hasta 80 cm de longitud más o menos esférico u ovoide, liso, de color verde uniforme con bandas oscuras, puede llegar a pesar 25 kg. Semillas de color negro. Es un fruto de verano (Reche, 1988).

La sandía es menos exigente en temperatura que el melón. La humedad relativa óptima se sitúa entre 60 % y el 80 %. No es muy exigente en suelos, aunque le van bien los suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y fertilizantes (INFOAGRO, 2007).

### **2.2. Importancia de la sandía en México.**

Los estándares de calidad de la sandía mexicana le han permitido participar por más de setenta años en el mercado de Estados Unidos, que es el principal destino de nuestras exportaciones y el país consumidor más importante (Rex, 1969).

Esta hortaliza es una de las que más divisas genera a nuestro país debido a los volúmenes que se exportan año con año (Canales, 2006).

### **2.2.1. Superficie sembrada de sandía en México.**

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 sandía (Canales, 2006).

La superficie sembrada durante el año 2011 fue variable en los diferentes estados de la República. Los datos de la SAGARPA indican que la superficie sembrada en el País alcanzó 47,388 hectáreas acumuladas durante ese año (SIAP, 2011).

En forma general, la reducción en la producción del cultivo de sandía 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 (SIAP, 2011).

En el cuadro 1, se puede observar la superficie establecida destinada al cultivo de sandía durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, los principales productores de sandía son Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Veracruz y Yucatán (SIAP, 2011).

Cuadro 1. Superficie establecida con sandía en México 2011.

Estado	Superficie sembrada (Ha)	
	Primavera – Verano	Otoño – Invierno
Baja California Sur	476	8
Campeche	51	1,742
Coahuila	428	----
Colima	1,189	1,059
Chiapas	2,171	1,331
Guanajuato	483	200
Guerrero	59	1,654
Jalisco	1,783	3,228
México	560	37
Michoacán	220	398
Nayarit	110	2,965
Nuevo León	1,066	113
Oaxaca	55	1,878
Puebla	510	41
Quintana Roo	5	243
San Luis Potosí	13	486
Sinaloa	12	4,366
Sonora	4,171	2,723
Tabasco	3,973	911
Tamaulipas	34	922
Veracruz	178	3,641
Yucatán	1,366	222
Zacatecas	286	4
TOTAL	19,214	28,174

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA 2011.

### 2.2.2 Superficie cosechada de sandía en México.

Como resultado de la mayor superficie bajo cultivo, durante el 2011 se cosecharon 39,056 hectáreas durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno (SIAP, 2011).

En el cuadro 2, se observa los estados con mayor superficie cosechada, donde Sonora ocupó el primer lugar en el ciclo primavera-verano con 3,316

hectáreas siendo desplazado en otoño-invierno por Veracruz con 3,628 hectáreas (SIAP, 2011).

Cuadro 2. Superficie cosechada de sandía en México 2011.

Estado	Superficie cosechada (Ha)	
	Primavera- Verano	Otoño – Invierno
Baja California	476	----
Baja California Sur	35	8
Campeche	----	1,742
Coahuila	1,301	----
Colima	----	914
Chiapas	428	1,331
Chihuahua	2,16	----
Durango	483	0
Guanajuato	59	200
Guerrero	1,462	1,654
Jalisco	1,783	3,194
México	---	37
Michoacán	170	396
Morelos	93	----
Nayarit	677	2,965
Nuevo León	55	113
Oaxaca	490	1,868
Puebla	5	41
Quintana Roo	13	241
San Luis Potosí	12	486
Sinaloa	1,732	2,141
Sonora	3,316	1,953
Tabasco	8	911
Tamaulipas	160	836
Veracruz	1,178	3,628
Yucatán	119	216
Zacatecas	15	4
TOTAL	14,176	24,88

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA 2011.

### **2.2.3. Producción.**

La producción anual de sandía en nuestro país se obtiene tanto en el ciclo primavera-verano (P-V) como en el de otoño-invierno (O-I). La producción del ciclo (P-V) esta orientada principalmente al mercado nacional, mientras que la de (O-I) esta orientada al mercado internacional debido a las ventajas que México tiene en cuanto a las condiciones climáticas, ya que este período a Estados Unidos no le es favorable el clima invernal (Valadéz, 1994)

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2011), la superficie producida de sandía en México durante el año 2011 fue de 978,998 toneladas y a nivel mundial la producción fue de 70.7 millones de toneladas durante ese mismo año, China fue el principal productor mundial con 67, 203,275 toneladas.

Por entidad federativa, los estados que más producen sandía son Campeche, Colima, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Sonora y Veracruz. Los estados productores sumaron 1, 102,042 toneladas en el 2011. En general se aprecia que la producción se encuentra bastante dispersa a lo largo y ancho del territorio nacional (Canales, 2006; SIAP, 2011).

En el cuadro 3 se observa que Sonora es el principal productor de sandía en México en el ciclo primavera-verano, seguido de Jalisco durante el ciclo de otoño-invierno (SIAP, 2011).

Cuadro 3. Producción de sandía en México 2011.

Estado	Producción (Ton)	
	Primavera – Verano	Otoño – Invierno
Baja California	15,116	26,213
Baja California Sur	3,1	185
Campeche	---	48,816
Coahuila	56,626	914
Colima	8,3	---
Chiapas	9,152	26,213
Chihuahua	106,48	---
Durango	28,06	---
Guanajuato	728	4,27
Guerrero	28,016	26,307
Jalisco	22,392	133,278
México	---	925
Michoacán	6,35	8,839
Morelos	3,106	---
Nayarit	21,246	48,438
Nuevo León	---	4,073
Oaxaca	9,901	30,282
Puebla	75	742
Quintana Roo	926	3,849
San Luis Potosí	---	19,412
Sinaloa	14,608	12,666
Sonora	128,419	67,134
Tabasco	2,797	13,025
Tamaulipas	22,1	28,899
Veracruz	20,92	57,215
Yucatán	8,8	3,964
Zacatecas	75	98
TOTAL	517,293	584,749

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA 2011.

#### 2.2.4. Consumo.

La sandía es un alimento muy refrescante, depurativo y ligeramente laxante a consecuencia de la celulosa que contiene, siendo una fruta insustituible en los meses de verano (Reche, 1988).

La semilla de sandía también se come tostada con o sin sal. En ocasiones se muelen y se cuecen al igual que el pan. De las semillas también se puede obtener un aceite utilizable en la cocina. La corteza de la piel se utiliza para elaborar encurtidos (INFOAGRO, 2007).

La corteza sirve como alimento para el ganado porcino y aves. Antiguamente se utilizaban las semillas cocidas con agua para el tratamiento de la nefritis aguda (INFOAGRO, 2007).

#### **2.2.5. Valor nutritivo.**

La pulpa de la sandía sólo contiene azúcares-glucosa, sacarosa y pocos ácidos, por lo que es más dulce que otras frutas que tienen hasta tres veces más glúcidos. De los azúcares, la sacarosa es la única que se encuentra en función de la madurez de la sandía y su calidad (INFOAGRO, 2007).

La sandía es de fácil digestión, pero se recomienda comerla sola; es excelente como diurético y depurador sanguíneo, y se recomienda para el tratamiento en problemas de riñones. Aun cuando su contenido es mayormente de azúcares, su cantidad es baja, por lo que su consumo es útil para la disminución de peso (INFOAGRO, 2007).

Las semillas, aunque no se acostumbra consumirlas, son ricas en proteínas, grasas, hidratos de carbono y celulosa; incluso como remedio casero o naturista, tomando dos cucharadas de semillas en ayunas todos los días, se eliminan los parásitos del organismo (INFOAGRO, 2007).



### **2.2.6. Comercialización.**

En México se comercializan tanto la sandía tradicional como la de sin semilla, ya sea en los mercados tradicionales o en las tiendas de autoservicio (Canales, 2006).

La comercialización de sandía en el mercado nacional se da en varias formas, una es la venta de la producción en forma total, entregando la producción a granel a los intermediarios locales, regionales o foráneos; otro canal es la entrega de producto a granel en centros de acopio o de venta, como es el caso de las centrales de abastos o lugares estratégicos que fijan los intermediarios; otra forma es la venta a las cadenas de tiendas de autoservicio y una más es la venta directa a los comerciantes de diferentes rangos o directamente al consumidor (Espinoza, 2000).

Para el mercado de Estados Unidos la venta se realiza a través de distribuidoras establecidas en la frontera que hacen las entregas a las tiendas de autoservicio, restaurantes y mercados callejeros o envían a Canadá; otra forma es la venta en ciudades donde se encuentran establecidos otros distribuidores que envían al mismo tipo de negocios o también exportan a Canadá (Espinoza, 2000).

### **2.2.7. Exportación.**

Las exportaciones de sandía de México se han realizado desde hace muchos años, siendo el principal sitio de entrega Estados Unidos y Canadá (SIAP, 2011).

Con el tiempo los destinos de exportación se han ampliado como resultado del trabajo de los productores nacionales, así como sus gestiones para incrementar los puertos de entrega. En la última década, además de los mercados

tradicionales, se ha exportado a diferentes países de América Central, Asia y Europa (Canales, 2006).

Otros países que figuran en los destinos comerciales de la sandía mexicana son Japón, Bélgica, Hong Kong, Guatemala, Belice, Suiza, Noruega, Panamá, Alemania, Gran Bretaña, Hungría, Francia, El Salvador, Italia, las Repúblicas Checa y Eslovaca (Canales, 2006).

Observando el cuadro 4, apreciamos los principales países exportadores de sandía, durante el período de 2003 a 2007, siendo México el principal exportador sin ser el primer productor, seguido de España y Estados Unidos (INFOAGRO, 2007).

Cuadro 4. Principales países exportadores de sandía, durante el período 2003 al 2007.

<b>Países</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>México</b>	316,077	354,049	402,353	562,386	484,676
<b>España</b>	307,677	281,902	339,712	344,000	288,673
<b>Estados Unidos</b>	175,171	209,152	191,780	134,664	177,793
<b>Panamá</b>	38,707	43,593	70,500	90,500	168,259
<b>Vietnam</b>	44,413	66,773	132,856	142,790	163,151
<b>Grecia</b>	66,371	104,009	112,244	92,325	108,425
<b>Italia</b>	90,008	90,007	84,329	94,047	107,994
<b>Kasajstán</b>	36,535	90,824	81,503	86,984	97,367
<b>Países bajos</b>	33,091	28,340	44,949	54,237	79,977
<b>Hungría</b>	204,050	267,650	83,130	0	76,951

Fuente: Información agropecuaria INFOAGRO, 2007.

### 2.3. Importancia de la sandía en la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera, es una de las regiones productoras de sandía en nuestro país, participando con el 4.2 % de la producción nacional (Orona y Robles, 2010).

Este cultivo representa una importante fuente de empleo durante casi todo el año debido a la gran demanda de mano de obra en todo el proceso productivo, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, así como en actividades de poscosecha como el acarreo, clasificación, empaque y distribución (Orona y Robles, 2010).

En el cuadro 5, se presenta la evolución de la superficie cosechada, la producción y el valor de la sandía en la Comarca Lagunera durante el 2011 (SAGARPA, 2011).

Cuadro 5. Evolución de la superficie, producción y valor de la sandía en la Comarca Lagunera (2011).

Estado	Superficie (Ha)		Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Región Lagunera	1,097	955	38,980	40,809

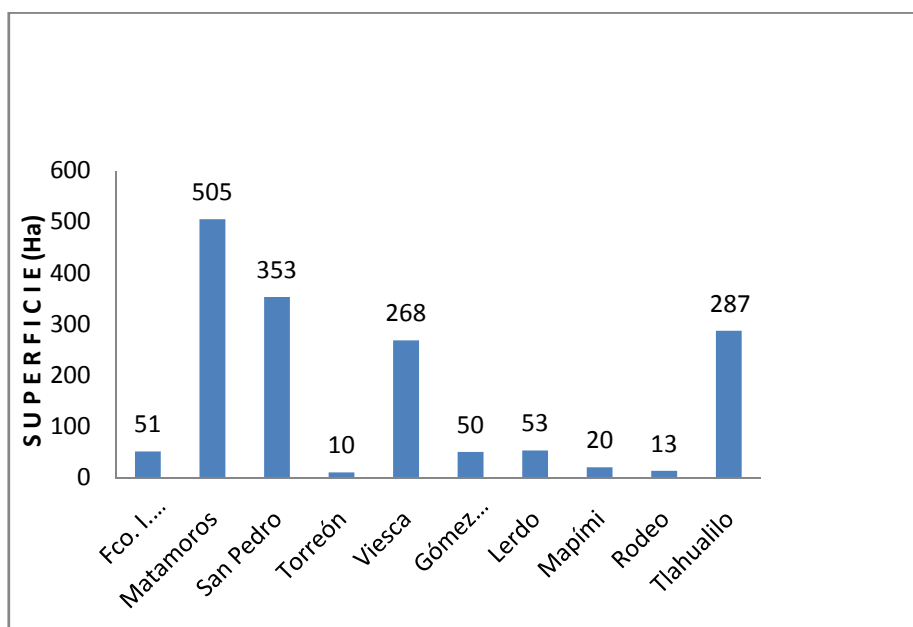
Fuente: Elaborado con datos de la SAGARPA 2011. Delegación en la Comarca Lagunera. Cd. Lerdo. Durango.

De la superficie establecida con sandía en la Comarca Lagunera, el 67% se riega con agua de bombeo (subsuelo) y el 32% con agua de gravedad (presas Lázaro Cárdenas – almacenadora - y Francisco Zarco -reguladora- ambas alimentadas con el Río Nazas). Una superficie muy pequeña se establece en la humedad que dejan las aguas broncas de las venidas del Río Aguanaval. En

cuanto al tipo de tenencia el 86% corresponde a ejido y el 14% a pequeña propiedad (Orona y Robles, 2010).

Los municipios donde se concentra la mayor superficie sandillera en el ámbito de la Comarca Lagunera son: Matamoros, que participa con el 31.37%, San Pedro con el 21.935, Tlahualilo con el 17.83% y Viesca con el 16.65%, gráfica 1 (SAGARPA 2011).

Figura 1. Superficie cosechada de sandía en la Comarca Lagunera por municipio (año 2011).



Fuente: Elaborado con datos de la SAGARPA 2011. Delegación en la Comarca Lagunera. Cd. Lerdo. Durango.

## **2.4. Problemas fitosanitarios de la sandía.**

### **2.4.1. Artrópodos plaga de la sandía.**

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo de la sandía desde la siembra, desarrollo vegetativo, amarre de fruto y cosecha, la sandía es atacado por diferentes organismos entre los cuales se encuentran las plagas como: Mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West), *Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifolii* (Genn.), Pulgón *Aphis gossypii* (Glover) y *Myzus persicae* (Sulzer), Trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande), Minadores de hoja *Liriomyza trifolii* (Burgess) y *Liriomyza bryoniae*, Chicharrita *Empoasca fabae* (Harris), Gusano Soldado *Spodoptera exigua* (Hubner), Gusano Falso Medidor *Trichoplusia ni* (Hubner), Gusano Barrenador de la Guía *Diaphania nitidalis* (Stoll) y *Diaphania hyalinata* (L.), Pulga Saltona *Epitrix cucumeris* (Harris), Diabrotica *Diabrotica undecimpunctata* (Mannerheim) y *Diabrotica balteata* (LeConte) (Reche, 1988).

### **2.4.2. Enfermedades causadas por hongos.**

Los hongos son los principales organismos que le causan enfermedades a la sandía, estos fitoparásitos los encontramos dañando a toda la planta y durante todo el ciclo del cultivo. A continuación se mencionan algunas de las principales enfermedades: Ceniza u Oidio de las Cucurbitáceas *Sphaerotheca fuliginea* (Schelecht), Chancro Gomoso del Tallo *Didymella bryoniae* (Auersw), Antracnosis provocada por *Colletotrichum orbiculare* (Berk & Mont) y la Pudrición por *Phytophthora* spp., incluyendo la Pudrición bacteriana por *Erwinia* (Berzoza, 2005).

### **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 (Berzoza, 2005).

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 (Tamaro, 1974). Dentro de estos agentes causales de enfermedad están: Virus del Cribado del Melón (MNSV), Virus de Mosaico Amarillo del Calabacín (ZYMV), Virus del Mosaico del Pepino (CMV), Virus de Mosaico de la Sandía (WMV-2), Virus del Amarillamiento y Achaparramiento de las Cucurbitáceas (CYSDV) (Reche, 1988).

### **2.4.4. Enfermedades causadas por nematodos.**

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 gran ramificación, con lesiones necróticas y pudrición. El crecimiento de la planta queda obstaculizado. Las plantas muestran marchitez y se debilitan (Cepeda, 1996).

En general las plantas atacadas por nematodos 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 nematodos, las

lesiones que les ocasionan pueden favorecer la entrada de enfermedades fungosas, bacterianas y virales (FIAV, 2008).

Los géneros de nematodos que provocan mayores daños a este cultivo son: Nematodo Reniforme *Rotylenchulus reniformis* (Lindford & Oliveira), Nematodo Lesionador *Pratylenchus* spp, Nematodo Lanza *Hoplolaimus* spp, el Nematodo de los falsos nódulos radiculares *Nacobus* spp, y el Nematodo agallador o nodulador *Meloidogyne* spp (Cepeda, 1996).

Siendo el Nematodo agallador o de los nódulos radiculares *Meloidogyne* spp, el de mayor importancia económica por los daños que produce en este cultivo y se encuentra ampliamente distribuido en las regiones hortícolas de México y en el mundo (Orona y Robles, 2010).

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

Según Taylor (1983), *Meloidogyne* es un género de nematodos inductores de agallas o nódulos radiculares que habitan en casi todas las regiones templadas y cálidas del mundo; son parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales, incluyendo muchas plantas de importancia agrícola.

### 2.5.1. Ubicación taxonómica.

Ubicación taxonómica del nematodo agallador o nodulador (Taylor, 1983).

Reino: Animalia.

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida

Suborden: Tylenchina

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Meloidogynidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

Especie: *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwodd.

### 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 (UCDa, 2006).

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 (Taylor y Sasser, 1978). 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 %. 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 ( $\mu$ ) en longitud. Los estiletes miden cerca de 10 micras de largo, portan nódulos basales redondos. El esófago consiste de un procorpus, metacorpus con válvula, istmo y un bulbo basal traslapado. La cola tiene una área hialina, es generalmente conoide con un terminus redondo agudo. A menudo se encuentran arrugas en la cutícula a la altura de la cola (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 a 2,000 especies de plantas. Individualmente, las especies de este nematodo tienen un amplio rango de hospederas (Taylor, 1983).

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 entre ellas: cultivos hortícolas, ornamentales, frutales, forestales, hierbas, plantas silvestres y malezas. En México, los cultivos de importancia económica que han sido atacados por este nematodo son: aguacate, alfalfa, algodón, amaranto, cacahuate, calabaza, cafeto, cebolla, chile, col, 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* spp, 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

deposición, 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 *Meloidogyne hapla* y especies relacionadas y de 25° a 30°C para *Meloidogyne javanica* (Treub) 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 (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 *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, se completa en 20 – 25 días a 21.3°C (UCDb, 2006).

Para describir los estados de desarrollo del ciclo de vida de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, 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.**

Investigaciones han 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. Tan pocos como 100 juveniles de *Meloidogyne* spp, por 500 g de suelo, son suficientes para causar síntomas en tomate (Robinson, 2006).

La proporción de pérdidas debido a nematodos varía con el tipo de cultivo, 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* spp, 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 *Meloidogyne 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 a la sandía, 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).

#### **2.5.5.1. Síntomas causados por *Meloidogyne*.**

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).

### **Índice de agallamiento.**

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 (Barker, 1985).

Asimismo, se trabaja con otro índice de agallamiento en escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas y así: 1 = Sin agallas o escasas agallas con un promedio de diámetro de agallas menores de 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.

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; UCDA, 2006).

Los J2 de *Meloidogyne 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 2ª, 3ª y 4ª muda para alcanzar el estado adulto (UCDb, 2006).

## **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 utilizadas eficazmente para el manejo de nematodos (US EPA, 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; US EPA, 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 (UCDa, 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 (US EPA, 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 (UCDa, 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 de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado en el control de nematodos fitoparásitos. 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. Tiene como propósito reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, para que luego sea conveniente la producción del cultivo de interés (Santiago, 2006).

Esta práctica mejora las propiedades físico – químicas del terreno y rompe con el ciclo de plagas y enfermedades que afectan los cultivos. Por consiguiente aumentan tanto los rendimientos del cultivo principal como las ganancias del agricultor. La rotación de cultivos es un medio muy eficaz si se efectúa de forma apropiada. Para combatir a *Meloidogyne* spp, es necesario evitar la rotación con cultivos susceptibles a ese nematodo, como la mayoría de las hortalizas (Santiago, 2006).

La FIAV (2008), estudió 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 la FIAV (2008), 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.

### **2.6.3. Control biológico.**

Cepeda (1996), 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.

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 (Cepeda, 1996; Jenkins *et al.*, 1967)

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).

#### **2.6.4. 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). Por lo anterior, se vuelve muy importante el desarrollar métodos de control no selectivo y más económico 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).

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

A medida que los nematicidas han estado siendo retirados del mercado por los riesgos en su manejo y daños al medio ambiente, se vuelve muy importante el desarrollar métodos de combates más económicos y no selectivos, como son los métodos con biocontrol (Chen *et al.*, 2006)..

Las Avermectinas, son agentes insecticidas, acaricidas y nematicidas que han sido aislados de la fermentación de *Streptomyces avermitilis* (Waksman & Henrici), 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

sobrevivir durante varios días (Ware y Whitacre, 2008). 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. 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).

*Meloidogyne 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 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 (Rajedran *et al.*, 2003).

Los investigadores creen que las pérdidas en rendimiento por el nematodo agallador *Meloidogyne 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).

## **2.7. Información técnica del producto evaluado.**

El producto Avicta 400 FS, es un nematocida 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 (Barham *et al.*, 2005).

### 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, municipio de Torreón, Coahuila, 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.

#### 3.2. Diseño experimental utilizado.

Para este trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con 4 repeticiones; cada unidad experimental constó de 4 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 16 macetas por tratamiento y completando un total de 64 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Distribución del diseño experimental de bloques completamente al azar utilizado para evaluar Abamectina (Avicta 400 FS) aplicado en el tratamiento a semilla de sandía para el control del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* en Torreón, Coahuila, México. 2010.

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

I, II, III, IV = T: Tratamiento T = 4

1, 2, 3, 4 = n: Repeticiones n = 4



Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de Abamectina y un testigo sin aplicación y se presentan en el Cuadro 7. La aplicación del producto Avicta 400 FS se efectuó directamente a la semilla de sandía de la variedad *Jubilee* 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 100 semillas de sandía, excepto el testigo absoluto sin aplicación para cada uno de los tratamientos a evaluar por separado.

Cuadro 7. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador de la sandía *Meloidogyne incognita* en Torreón, Coahuila, México. 2010.

Tratamientos	Dosis	Dosis
	mg i.a./100 semillas	ml PF/100 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 12/10/10, 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 *Ligustrum 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 sandía.

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 colectar las submuestras y obtener la muestra compuesta, para evitar la inanición de los nematodos expuestos al sol y al viento. Del suelo colectado 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 100 semillas (Cuadro 7), mismas que fueron colocadas directamente sobre la tierra en macetas y etiquetadas con sus datos correspondientes y para el testigo se utilizó la  $\frac{1}{4}$  parte del suelo restante y se colocó la semilla sin tratar.

Las macetas fueron colocadas directamente sobre el suelo, en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. La siembra se llevó a cabo el día 16/10/10 y esta se efectuó con un riego de presembrado a tierra venida, se colocaron 2 semillas de la variedad de sandía *Jubilee* 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 sandía de la variedad *Jubilee* 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 ocurrió el día 24/10/10 a 8 días después de la siembra (dds) en un 85 % de las macetas, el otro 15 % 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 07/11/10 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. 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 01/12/10 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 sandía, fueron colocadas las plantas 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 (1985).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Considerando que las plantas de sandía de la variedad *Jubilee* en el presente estudio se desarrollaron en un ambiente con suelo uniformemente infestado con altas densidades del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, 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 sandía después de 30 días de la emergencia se presenta en el cuadro 8. Las 3 dosis de Abamectina (1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml) se comportaron estadísticamente iguales. El tratamiento 4 (1.00 ml/100 semillas) obtuvo valores mayores que los otros 2 tratamientos, con una media de 0.53 mm, seguido por el tratamiento 3 (0.60 ml/100 semillas) con una media de 0.46 mm y el tratamiento 2 (0.40 ml/100 semillas) con una media de 0.45 mm, el tratamiento 1 correspondiente a el testigo sin aplicación con una media de 0.44 mm 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 /100 de semilla (Avicta 400 FS) son similares con los resultados obtenidos por Rajedran y colaboradores (2003) en tomate.

Cuadro 8. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

Tratamientos	Dosis PF en 100 semillas	Diámetro del tallo (Media)	Comparación ( $\alpha:0.05$ )
4	1.00 ml	0.53 mm	A*
3	0.60 ml	0.46 mm	A
2	0.40 ml	0.45 mm	A
1	Testigo	0.44 mm	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 2.4028

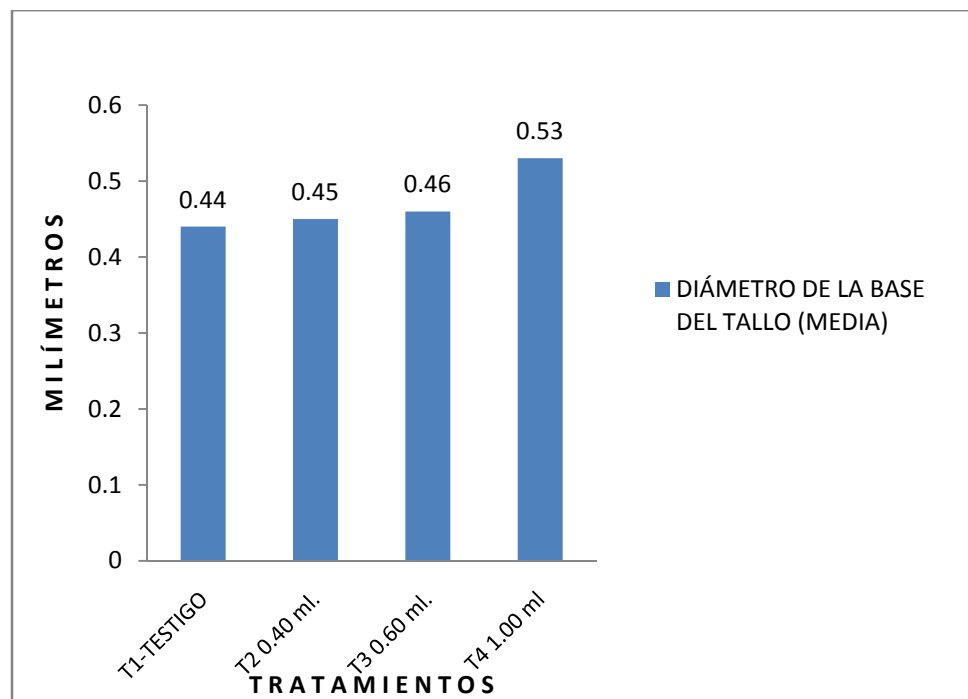


Figura 2. Gráfica de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

### Longitud de la raíz.

La comparación de medias de la longitud de la raíz de las plantas de sandía de acuerdo a la prueba de Tukey, demostró que los resultados de todos los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe una diferencia significativa como lo podemos observar en el cuadro 9 y gráfica 3. 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/100 semillas) con una media de 18.08 cm mostró tener plantas ligeramente más vigorosas que el tratamiento 3 (0.60 ml de dosis de PF/100 semillas) con una media de 16.75 cm, seguidos del tratamiento 2 (0.40 ml de PF/100 semillas) con una longitud radicular media de 16.12 cm y en lo referente al tratamiento 1, el testigo con una longitud media de 13 cm.

Cuadro 9. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

Tratamientos	Dosis PF en 100 semillas	Longitud de la raíz (Media)	Comparación ( $\alpha:0.05$ )
4	1.00 ml	18.08 cm	A*
3	0.60 ml	16.75 cm	A
2	0.40 ml	16.12 cm	A
1	Testigo	13.00 cm	A

PF: Producto formulado

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

C.V.: 6.9256

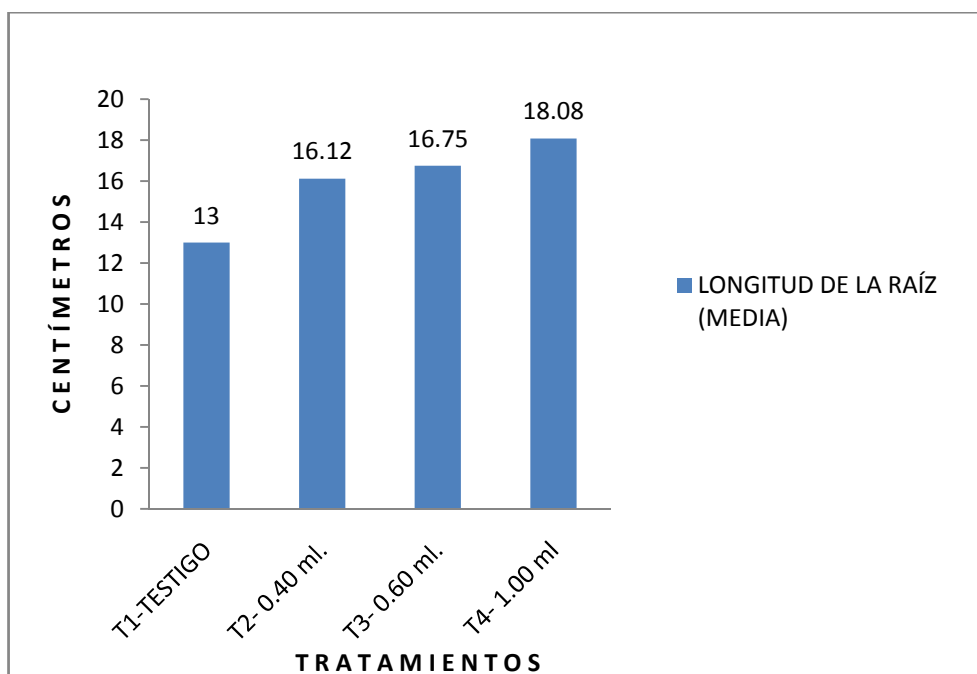


Figura 3. Gráfica de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.



### **Peso radicular.**

Con respecto a la evaluación del peso radicular, la comparación de medias en la prueba de Tukey (ver cuadro 10 y gráfica 4), nos muestra una diferencia significativa en el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/100 semillas) obteniendo una media de 0.29 g, siendo el tratamiento que mostró más peso radicular, seguido del tratamiento 3 (0.60 ml de PF/100 semillas) que obtuvo una media de 0.25 g, con respecto a el testigo y el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/100 semillas) que resultaron estadísticamente iguales con 0.21 g y 0.22 g respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 1.00, 0.60 y 0.40 ml de Abamectina /100 de semilla mostraron resultados similares a los obtenidos por Rajedran y colaboradores (2003) en tomate.

Cuadro 10. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis PF en 100 semillas</b>	<b>Peso de la raíz (Media)</b>	<b>Comparación (<math>\alpha:0.05</math>)</b>
<b>4</b>	1.00 ml	0.29 g	A
<b>3</b>	0.60 ml	0.25 g	B
<b>2</b>	0.40 ml	0.22 g	C
<b>1</b>	Testigo	0.21 g	C

PF: Producto formulado

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

C.V.: 1.2554

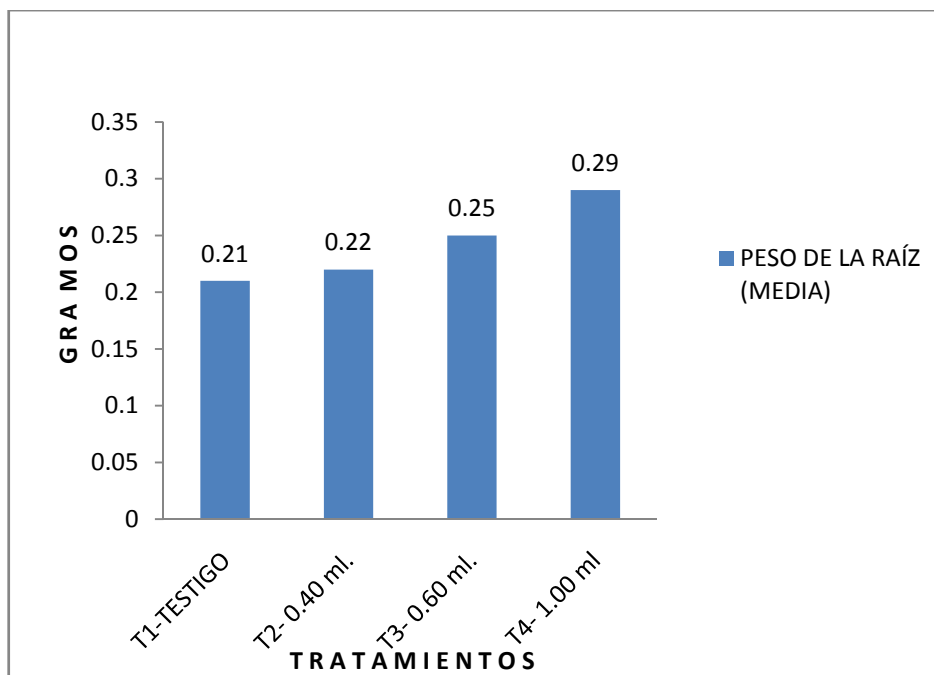


Figura 4. Gráfica de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

### Número de guías.

Al evaluar el número de guías de las plantas de sandía, de acuerdo a la comparación de medias en la prueba de Tukey, los tratamientos 3 (0.60 ml de PF/100 semillas), 2 (0.40 ml de PF/100 semillas) y el tratamiento 1 correspondiente al testigo resultaron estadísticamente iguales (ver cuadro 11 y gráfica 5). El tratamiento 4 exhibió una diferencia máxima de plantas con el mayor número de guías con una media de 7.0 guías, seguido del tratamiento 3 con una media de 5.31 guías y el tratamiento 2 con una media de 5.18 guías. El testigo fue el que menos número de guías obtuvo con una media de 5.12 guías.

Cuadro 11. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

Tratamientos	Dosis PF en 100 semillas	Número de guías (Media)	Comparación ( $\alpha:0.05$ )
4	1.00 ml	7.00	A
3	0.60 ml	5.31	B*
2	0.40 ml	5.18	B
1	Testigo	5.12	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 12.7149

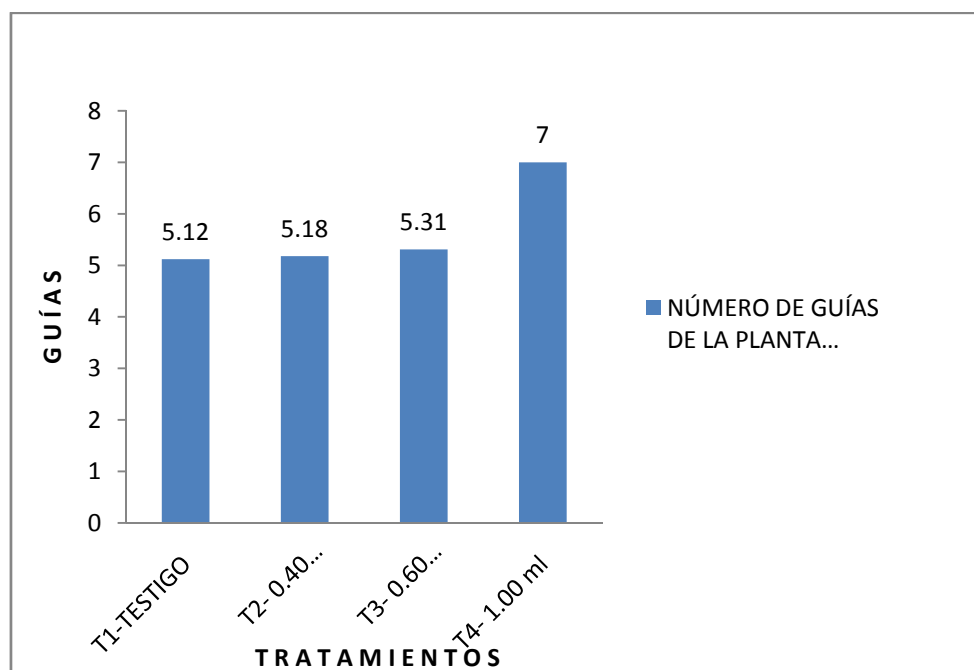


Figura 5. Gráfica de medias en la evaluación del número de guías con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

### **Peso del follaje.**

De acuerdo a la prueba de Tukey, los tratamientos 4 (1.00 ml de PF/100 semillas), 3 (0.60 ml de PF/100 semillas) y 2 (0.40 ml de PF/100 semillas) resultaron estadísticamente iguales y superiores al testigo sin aplicación (Ver cuadro 12 y gráfica 6).

Sin embargo, es prudente señalar que el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/100 semillas) obtuvo un mayor peso obteniendo una media de 8.73 g, mostrando una diferencia mínima en peso con respecto al tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 5.67 g, seguido del tratamiento 2 (0.40 ml de PF/100 semillas) que obtuvo una media de 5.63 g y en último lugar se ubica el testigo correspondiente a el tratamiento 1 quien fue el que menor peso del follaje obtuvo con una media de 4.11 g.

Cuadro 12. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis PF en 100 semillas</b>	<b>Peso del follaje (Media)</b>	<b>Comparación (<math>\alpha:0.05</math>)</b>
<b>4</b>	1.00 ml	8.73 gr	A*
<b>3</b>	0.60 ml	5.67 gr	A
<b>2</b>	0.40 ml	5.63 gr	A
<b>1</b>	Testigo	4.11 gr	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 5.693

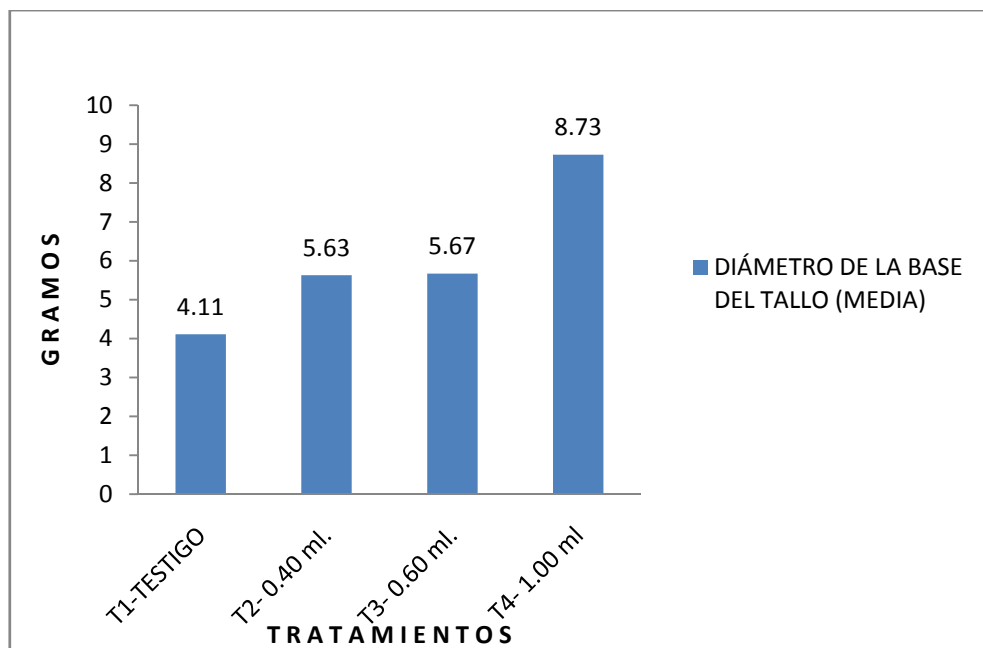


Figura 6. Gráfica de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

### Índice de agallamiento radicular.

Al evaluar el índice de agallamiento de acuerdo a la prueba de Tukey, se muestra que los tratamientos 4 (1.00 ml de PF/100 semillas), 3 (0.60 ml de PF/100 semillas) y 2 (0.40 ml de PF/100 semillas) son estadísticamente iguales con una media de índice de agallamiento radicular de 1, 1.56 y 2 agallas radiculares respectivamente (ver cuadro 13 y gráfica 7), en comparación con el testigo absoluto que presentó una media de índice de agallamiento de 3.12 agallas radiculares.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 1.00, 0.60 y 0.40 ml de Abamectina /1000 de semillas de sandía, presentan menor 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 13. 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 sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

Tratamientos	Dosis PF en 100 semillas	Índice de agallamiento (Media)	Comparación ( $\alpha:0.05$ )
4	1.00 ml	1.00	A*
3	0.60 ml	1.56	A
2	0.40 ml	2.00	A
1	Testigo	3.12	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 1.7059

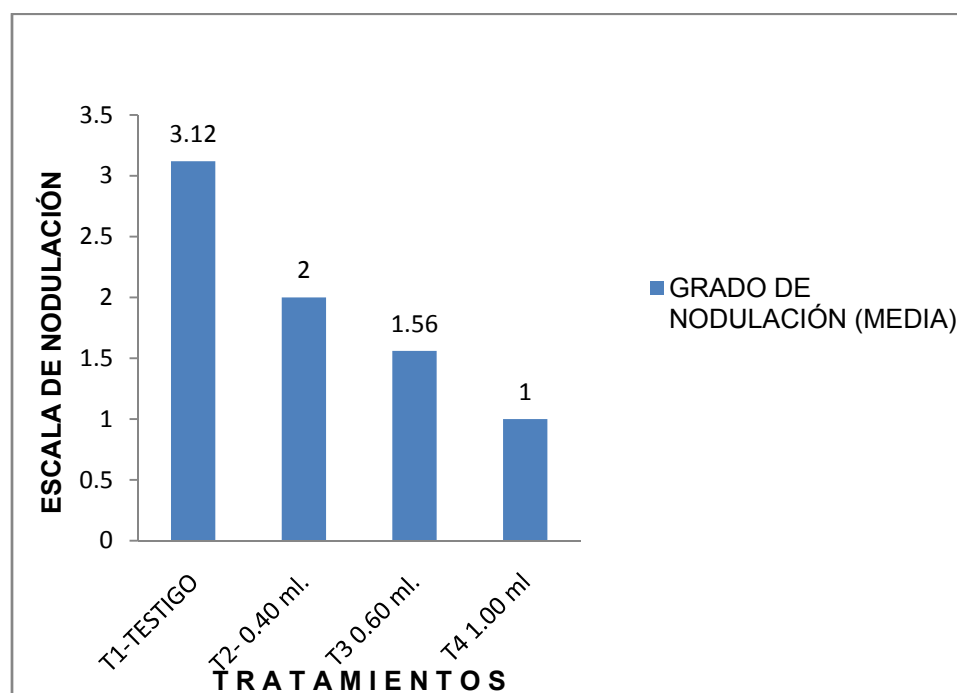


Figura 7. Gráfica de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de sandía en Torreón, Coahuila, México. 2010.

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 4 (1.00 ml de PF/100 semillas) con una media de 1 % obtuvo un índice de agallamiento de 0 (de 1 a 10 agallas), el tratamiento 3 con una dosis de 0.60 ml de Abamectina (Avicta 400 FS/1000 semillas) con una media de 1.56 % otorgó un índice de agallamiento de 1 (1-10 agallas), el tratamiento 2 con una dosis de 0.40 ml de Abamectina (Avicta 400FS/1000 semillas) con una media de 2 % mostró un índice de agallamiento de 2 (11 – 20 agallas) en la escala y el testigo absoluto con una media de 3.2 % de agallas presentó el índice de agallamiento más alto correspondiente a 3 (21 a 30 agallas).

## V. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Las dosis de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/100 semillas de sandía, observaron el mayor desarrollo de diámetro de la base del tallo y número de guías en plantas a los 30 días después de la emergencia.
2. Las dosis de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/100 semillas de sandía obtuvieron el mayor peso de raíz, a los 30 días.
3. Las dosis de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de sandía resultaron con valores estadísticos similares en los tratamientos, para el diámetro del tallo y para el peso del follaje.
4. Las 3 dosis evaluadas de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas presentaron menor índice de agallamiento en el sistema radicular que el testigo sin aplicación, a los 30 días después de la emergencia.
5. Se sugiere el uso de Abamectina (Avicta 400 FS) a una dosis de 1.00 ml y 0.60 ml/1000 semillas de sandía, para el control del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, a los 30 días después de la emergencia.



## VI. 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: 21/10/11].
- 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. Department of food and Agriculture. Div. of Plant Industry Laboratory Services Nematology. Sacramento, California. pp. 39-71.
- Barham, J. D., T. L. Kirkpatrick and R. Bateman. 2005. Field evaluations of Avicta a new seed-treatment nematicide. Summaries of Arkansas Cotton Research 2005. Arkansas Agricultural Experiment Station. Research series 543: 128-134.
- Barker, K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays. [En línea]. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Methods/Rkindx.htm>. [Fecha de consulta: 31/10/11].
- 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: 31/10/11].

- 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: 21/10/11].
- Canales R.C. 2006. Panorama Actual del Cultivo de la Sandía en Nuestro País. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INIFAP. FUPROCAP. Campeche, Campeche. pp 1-89.
- 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 Biorationals 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: 21/10/11].
- Driver, J. G., and F.L. Louws. 2006. Effects of seed treatment to manage nematodes as an alternative to methyl bromide on cantaloupe. [En línea]. Department of Plant Pathology. North Carolina State University. Raleigh, N.C. <http://mbao.org/2006/06PowerPoints/MBAO%20PDFs/Preplant/10%20%Biorationals/Driver.pdf>. [Fecha de consulta: 02/11/11].
- 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.
- 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: 25/10/11]

- 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: 22/10/11].
- Imagen Agropecuaria. 2011. Frutas y Hortalizas. [En línea]. Pág. Web: [www.imagenagropecuaria.com](http://www.imagenagropecuaria.com). [Fecha de consulta: 04/11/10].
- Información Agropecuaria (INFOAGRO), 2007. El cultivo de sandía (INFOAGRO). [En línea]. [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/sandia.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/sandia.htm). [Fecha de consulta: 15/11/11].
- 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: 08/11/11].
- 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](http://www.funpeerp.com.br/gmr/year2002/vol11/gmr0008_full_text.htm). [Fecha de consulta: 30/10/11].
- 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
- 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.

Orona I. C., L. Robles .M. 2010. Aspectos sobre Producción, Organización de Productores y Comercialización del Cultivo de la Sandía en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Agronegocios. Torreon, Coahuila, México No. 19 (1): 24-29.

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: 21/10/11].

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.

Reche, M. J.1988. La Sandía. Editorial Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion. Servicio de Extension Agraria. Madrid España. p. 227.

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: 15/10/11].

Santiago G. J. C. 2006. Manejo Integrado de Nematodos Fitoparásitos cosmopolitas (Gemmar) en el cultivo de plátano [En línea]. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad.uprm.edu/tesis/santiagogonzalez.pdf>. [Fecha de consulta: 02/11/11].

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Delegación Federal en la Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo Durango. Evolución de la superficie, producción y valor de

la sandía en la Comarca Lagunera. [En línea]. Página Web: [www.siea.sagarpa.gob.mx](http://www.siea.sagarpa.gob.mx). [Fecha de consulta: 08/01/12].

Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2011. SAGARPA, México. Anuario Estadístico de la producción Agrícola en México. [En línea]. Página Web: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13&Itemid=18](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=18) [Fecha de consulta: 08/01/2012].

Stirling, G., J. Nicol and F. Reay. 2002. Advisory services for nematode pests. Operational Guidelines. Rural Industries Research & Development Corporation Protection Pty. Ltd. RIRDC. Publication N° 99/41. p.p.1 – 103.

Tang, B., G. W. Lawrence., R.G. Creech., J.N. Jenkins and J.C. McCarty, Jr. April 1994. Post-infection development of *Meloidogyne incognita* in cotton roots. Mississippi Agricultural & Forestry Station. Mississippi State University. Technical Bulletin 195: 1-13.

Tamaro D. 1974. Manual de Horticultura. 7º edición. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España. pp. 56-70.

Taylor, A.L. 1983. Biología, Identificación y Control de los Nematodos del Nódulo de la Raíz. Ed. Universidad de Carolina del Norte. p. 111.

Taylor, A. L. 1971. Introducción a la Nematología Vegetal Aplicada. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma 1971. p. 5.

Taylor, A. R., and J.N. Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne species*). International Meloidogyne Project. Department of Plant Pathology. North Carolina State University. United States Agency for International Development. 111. p.

University of California Davis. (UCDa), 2006. Control de Nematodos. (UCDa). [En línea]. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxamnus/G076mnu.htm>. [Fecha de consulta: 18/10/11].

University of California Davis (UCDb), 2006. *Meloidogyne incognita*, Taxonomy, Common Name, Disease. (UCDa). [En línea]. <http://ucdnema.ucdavis.edu/imagemap/nemmap/ENT156HTML/nemas/meloidogyneincognita>. [Fecha de consulta: 21/10/11].

University of Florida and Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), 2008. Management Integrated of Nematodes. (UF/IFAS). [En línea]. <http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://edis.ifas.ufl.edu/NG032&sa=X&oi=translate&resnum=2&ct=result&prev=/search%3Fq%3DManagement%2Bintegrated%2Bnematodes%26hl%3Des>. [Fecha de consulta: 21/10/11].

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

Ware, G. W., and D.M. Whitacre. June 2008. Radcliffe's IPM World Textbook. An Introduction to Insecticides. [En línea]. 4th Edition. University of Minnesota. <http://ipmworld.umn.edu/Cancelado/spchapters/w&winseetSP.htm>. [Fecha de consulta: 19/10/11].

Westerdahl, B. B. and J.O. Becker. 2005. Cucurbits nematodes. University of California. UC ANR. Publication. 3445. p.86-95.