

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de variedades de chile habanero *Capsicum chinense* J., para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macro túnel

POR

MAYKEL EVERARDO MEJÍA DÍAZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de variedades
de chile habanero *Capsicum chinense* J., para el control de
Meloidogyne incognita (Kofoid y White) Chitwood, bajo
condiciones de macro túnel

POR

MAYKEL EVERARDO MEJÍA DÍAZ

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR

PRESIDENTE:



ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

VOCAL:



M.C. CLAUDIO IBARRA RUBIO

VOCAL:

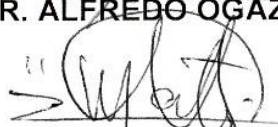


M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

VOCAL SUPLENTE:



DR. ALFREDO OGAZ



M. E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de variedades de chile habanero *Capsicum chinense* J., para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macro túnel

POR
MAYKEL EVERARDO MEJÍA DÍAZ

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

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:



ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

ASESOR:



M.C. CLAUDIO IBARRA RUBIO

ASESOR:



M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

ASESOR:



DR. ALFREDO OGAZ



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida que me regala y por cada uno de los éxitos durante mi vida, y por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas. ¡Gracias Dios!

A mis padres, Everardo Mejía Soto y Clara Díaz Lorenzo por haberme dado la oportunidad de superación y por apoyarme incondicionalmente para obtener un logro muy importante como es el convertirme en un profesionalista.

A mis hermanos, Yus Miguel, Abisai, Yasmin Lady, Deysi Gleybis, Huliber, Gersón y William Jaffet por ser parte de mi familia y por su apoyo moral incondicional en el transcurso de esta victoria.

A mi Alma Mater, por dejarme ser parte de ella y darme lo necesario para obtener una formación como profesionalista.

A mis profesores, a todo el grupo de maestros que forman el Departamento de Parasitología, en especial al **Ing. José Alonso Escobedo, Dr. Florencio Jiménez Díaz** y la **Ing. Bertha Cisneros Flores** por ofrecerme su apoyo en todo momento y por todo lo que me han enseñado y preocupado por mi formación profesional. También a Graciela Armijo y Gabriela Muñoz por su apoyo constante en todo este tiempo.

A mis asesores, por todo el apoyo otorgado para que todo concluyera bien.

A mis compañeros, por cada uno de los momentos que pasamos juntos, por cada una de las experiencias aprendidas en equipo y por ser tan bondadosos conmigo.

A Bibi Yadira Pérez López, Irma Juárez Hernández, Julio César Rodríguez Mejía y Mario Antonio Espinosa Ventura, por formar parte de mí, por su apoyo moral incondicional en las ocasiones necesarias, y por enseñarme a ser siempre independiente.

DEDICATORIAS

A mis padres, Everardo Mejía Soto y Clara Díaz Lorenzo por todo el esfuerzo que hicieron para que lograré esto.

A mi mamá, por estar en cada uno de los momentos de mi vida, por su apoyo económico y moral infinito, nunca me dejaste solo y por ti y por tu apoyo he conseguido una victoria más.

A mis hermanos, Yus Miguel, Abisai, Yasmin Lady, Deysi Gleybis, Huliber, Gersón y William Jaffet, que siempre estuvieron conmigo en las ocasiones que más les necesite, y por el gran apoyo moral y económico.

A mis abuelos, Abundio Díaz Escalante y Zoila Díaz Lorenzo por siempre desearme éxito en cada etapa de mi vida.

A toda mi familia, gracias por sus consejos, toda su ayuda y su apoyo, mil gracias a todos los que estuvieron y siguen estando conmigo.

A mis sinodales, el Ing. José Alonso Escobedo, M.C. José Simón Carrillo Amaya, M.C. Claudio Ibarra Rubio y al Dr. Alfredo Ogaz por brindarme su apoyo en el transcurso de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos:	3
1.2. Hipótesis:.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Características principales del chile habanero	4
2.1.1. Origen y distribución del chile	4
2.1.2. Clasificación taxonómica del chile habanero	4
2.1.3. Variedades cultivadas.....	5
2.2. Importancia del cultivo	5
2.2.1 Importancia del chile en México.....	6
2.2.2. Superficie sembrada y producción.....	6
2.2.3. Características morfológicas del chile habanero	7
2.2.4. Usos del chile habanero	9
2.3. Manejo del cultivo.....	10
2.3.1. Temperatura	11
2.3.2. Clima.....	11
2.3.3. Humedad relativa.....	12
2.3.4. Suelos.....	12
2.4. Generalidades de invernaderos	12
2.4.1. Ventajas.....	13
2.4.2. Desventajas	13
2.5. Plagas y enfermedades del cultivo de chile.....	14
2.5.1. Plagas.....	14
2.5.2. Enfermedades	16
2.5.3. Enfermedades causadas por nematodos e historia	17
2.5.4. Importancia de los nematodos en el cultivo del chile	18
2.6. Taxonomía, morfología, biología, hábitos y daño de <i>Meloidogyne</i> spp..	20
2.6.1. Ubicación taxonómica.....	20
2.6.2. Características morfológicas.....	21
2.6.3. Hospedantes.....	22
2.6.4. Biología y ciclo de vida	24

2.6.5. Síntomas causados por <i>Meloidogyne</i>	25
2.6.6. Interacción hospedero – parásito.....	28
2.7. Manejo integrado de nematodos	30
2.7.1. Control cultural.....	31
2.7.2. Barbecho	32
2.7.3. Inundación	33
2.7.4. Solarización	33
2.7.5. Rotación de cultivos.....	33
2.7.6. Variedades resistentes	34
2.7.7. Control biológico	35
2.7.8. Control químico.....	35
2.8. Información técnica del producto evaluado	41
III. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1. Lugar de realización del estudio.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. RECOMENDACIONES	60
VII. LITERATURA CITADA	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del chile habanero.....	5
Cuadro 2. Producción Nacional de Chile por Entidad en 2012	6
Cuadro 3. Producción de chile en México.....	6
Cuadro 4. Distribución de tratamientos en base al diseño de bloques completamente al azar para evaluar Abamectina en el tratamiento a semilla de chile para el control del nematodo agallador (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2016.....	43
Cuadro 5. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador (<i>Meloidogyne incognita</i>) en Torreón, Coahuila, México. 2016.....	44
Cuadro 6. Comparación de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semillas en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>) en la UAAAN-UL Torreón, Coahuila, México. 2016.	48
Cuadro 7. 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 chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>) en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2016.....	49
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.....	51
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.....	53
Cuadro 10. 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 chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.....	54
Cuadro 11. 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 chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.....	56

RESUMEN

México es uno de los principales centros de origen y domesticación del chile del género *Capsicum*, siendo el chile el 8° cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional. En la Región Lagunera se sembraron durante el ciclo agrícola 2015, un total de 741 hectáreas con una producción de 27,819 toneladas. Entre los nematodos fitoparásitos que atacan al chile, se encuentra el género *Meloidogyne*, conocido comúnmente como nematodo agallador. Se estima que los nematodos fitoparásitos reducen cerca del 12% de la producción agrícola global, mientras que en hortalizas y frutales se estima pérdidas anuales del 14% en los EUA. La aplicación de nematicidas como el Bromuro de metilo, Metam sodio, Aldicarb y Carbofuran son prácticamente la única forma para controlar al nematodo agallador en cultivos de alto valor. En la actualidad la investigación se ha enfocado sobre los métodos de biocontrol con bacterias y hongos, *Streptomyces avermitilis* Burg produce lactones macrocíclicos llamados avermectinas, consideradas los más potentes compuestos nematicidas, por ejemplo, la Abamectina se comercializa en la actualidad como tratamiento a la semilla de algodón y hortalizas contra un amplio espectro de nematodos fitoparásitos. En este trabajo se aplicó 3 dosis diferentes de Abamectina (Avicta 400 FS) de 0.40 ml, 0.60 ml y 1.00 ml de PF/1000 semillas de chile habanero, dando como resultado en su aplicación un mayor desarrollo en todos los parámetros evaluados para tener una mayor producción al final de su ciclo.

Palabras clave: *Meloidogyne incognita*, Avermectinas, Abamectina, *Capsicum chinense*, nódulos.

I. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo hortícola importante en México debido a su elevada competitividad, aceptación internacional, importancia socioeconómica y propiedades nutricionales. Entre los principales problemas que restringen su producción, además de las plagas y enfermedades, se tiene el manejo del agua y nutrimentos. El abastecimiento oportuno y en las cantidades adecuadas del agua y los nutrimentos es crucial para obtener el rendimiento máximo del cultivo y el mayor beneficio económico (Catalán *et al.*, 2007).

En México, el chile es un elemento importante con gran arraigo en la cocina mexicana, para el año 2011 se cosecharon 1,649,279,49 toneladas (SIAP-SAGARPA, 2013), los tipos de chile más sembrados son los serranos, de árbol, jalapeños, guajillos pasilla, anchos, piquines, habanero y manzano (Laborde y Pozo, 1984). Cada una de estos tipos de chiles son ingredientes esenciales de platillos tradicionales locales y se reconocen por su diferencias en sabor y picor (Morán *et al.*, 2008).

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

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

De los nematodos fitoparásitos el género *Meloidogyne*, conocido como nematodo agallador o nodulador, es el que más daño causa en hortalizas y se encuentra ampliamente distribuido en las regiones hortícolas de México y en el mundo (Cepeda, 1996).

Meloidogyne incognita es la especie de nematodo agallador que se encuentra distribuido e infestando todas las áreas hortícolas de la Comarca Lagunera (Guzmán, 2007).

1.1. Objetivos:

Evaluar la eficacia biológica de tres dosis de Abamectina, en tratamiento a semillas de chile, para prevención del daño del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.

1.2. Hipótesis:

Las semillas de chile tratadas con Abamectina, evita la penetración a la raíz de formas infectivas J2 del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones de macrotúnel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características principales del chile habanero

2.1.1. Origen y distribución del chile

El chile habanero (*Capsicum chinense* J.), como todos los del género *Capsicum* es originario de América (Ochoa, 2005). En especial para la especie *Capsicum chinense*, famosa por tener los más altos contenidos de picante en el mundo, la región de las amazonas es ubicada como el centro de origen (Trujillo, 2001).

Se indican como centro de origen de *C. frutescens* y *C. chinense* Jacq., a Bolivia, Perú, el sureste de Brasil, Los Andes y Colombia, aunque algunos tipos también se pueden encontrar en África y en el sureste de Asia, ya que fueron introducidos por los portugueses en la época Colonial. La mayoría de las especies de chiles, se encuentran en las tierras bajas de los trópicos, aunque existen variedades adaptadas a condiciones de altitudes de hasta 2,500 msnm, en los Andes, desde Bolivia hasta Colombia, en México y América Central, aunque dicha adaptación pudo ocurrir en la época pos colombiana (Tun, 2001).

2.1.2. Clasificación taxonómica del chile habanero

Los chiles pertenecen a género *Capsicum*, de la familia Solanácea. Existen 27 especies de *Capsicum* de las cuales cinco son domesticadas y cultivadas: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Guzmán *et al.*, 2012).

Tun (2001) señala que la clasificación del cultivo de chile puede establecerse fácilmente hasta el nivel del género, pero debido a su gran

diversidad, la diferenciación a nivel especie y variedad es muy complicada, en el Cuadro 1 se presenta dicha clasificación.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del chile habanero

Clasificación taxonómica	
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotyledonea
Superorden	Sympetala
Orden	Tubiflorales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>C. chinense</i>

Fuente: Tun (2001).

2.1.3. Variedades cultivadas

México es el centro de diversificación y domesticación de esta especie que tiene la mayor distribución e importancia económica en el mundo. Existen más de 40 variedades de chiles que se comen frescos o deshidratados. Las variedades más cultivadas son el chile jalapeño, serrano, pimiento morrón, poblano, chilaca, Anaheim, mirasol, soledad, de árbol, piquín. Los chiles secos más cultivados son el ancho, guajillo, mirasol, colorado, pasilla, de árbol, puya y costeño (Biodiversidad Mexicana, 2016).

2.2. Importancia del cultivo

El chile es el 8° cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, alcanzando alrededor de 13mil mdp anualmente, con un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles frescos, secos y en preparaciones (FND, 2014).

Este cultivo es generador de un elevado número de empleo rural, utilizando de 120 a 150 jornales por hectárea, donde se emplea un alto porcentaje de mano de obra femenil e infantil; y es un cultivo altamente redituable

constituyendo una importante fuente de ingresos para un gran número de familias campesinas, además, de que forma parte de la gastronomía típica regional (López y Castro, 2007).

2.2.1 Importancia del chile en México

En la Región Lagunera se sembraron durante el ciclo agrícola 2015 primavera y verano 741 hectáreas de chile, con una producción de 27,819 toneladas (El Siglo de Torreón, 2016).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), nuestro país es el principal productor de chiles frescos con dos millones de toneladas al año. A nivel nacional, Chihuahua es el líder en la producción del fruto con más de 562 mil toneladas, seguido por Sinaloa, con 556 mil, y Zacatecas con 384 mil toneladas (El Financiero, 2016).

2.2.2. Superficie sembrada y producción

El siguiente cuadro muestra la superficie de chile sembrada en México:

Cuadro 2. Producción Nacional de Chile por Entidad en 2012

Estado	Volumen		Valor	
	Miles de toneladas	Participación %	Mdp	Participación %
Chihuahua	562.2	23.6	1,979.6	14.9
Sinaloa	556.5	23.4	2,971.8	22.4
Zacatecas	348.8	14.7	2,142.9	16.1
San Luis Potosí	174.9	7.3	1,203.1	9.1
Michoacán	83.8	3.5	621.9	4.7
Sonora	83.4	3.5	470.6	3.5
Jalisco	79.4	3.3	536.3	4.0
Resto del país	490.7	20.6	3,358.1	25.3
Total nacional	1,817.6	100.0	13,284.4	100.0

Fuente: Financiera Nacional de Desarrollo, 2014.

Cuadro 3. Producción de chile en México

Año	Superficie (miles de ha)		Volumen de producción (millones ton)	Rendimiento (ton/ha)	Precio Medio Rural (\$/ton)	Valor de producción (mdp)
	Sembrada	Cosechada				
2000	151.7	145.7	1.7	12.0	4,213.1	7,337.8
2001	151.7	148.2	1.9	12.8	3,639.6	6,905.3
2002	151.2	140.1	1.8	12.7	3,426.2	6,114.1
2003	151.8	142.8	1.8	12.5	4,163.4	7,404.1
2004	147.0	139.3	1.9	13.4	5,920.7	11,054.8
2005	162.8	150.7	2.0	13.4	4,868.9	9,852.0
2006	158.9	152.7	2.1	13.6	3,879.9	8,064.4
2007	149.1	142.1	2.3	15.9	5,320.1	12,021.1
2008	146.5	131.5	2.1	15.6	5,498.9	11,268.1
2009	144.1	140.4	2.0	14.1	5,570.9	11,039.1
2010	148.8	144.0	2.3	16.2	5,662.4	13,224.8
2011	152.7	144.4	2.1	14.8	5,675.8	12,099.2
2012	138.2	136.1	2.4	17.5	5,582.3	13,284.4
2013/p	135.8	132.1	2.1	15.9	N/D	N/D

Fuente: Financiera Nacional de Desarrollo, 2014.

2.2.3. Características morfológicas del chile habanero

Chávez y Sevilla (2006), señalan que la planta de *C. chinense*, posee dos o más flores por nudo (ocasionalmente solitarias), las excepciones son cuatro o cinco. El pedicelo es erecto o declinante a la antesis, la corola es verde-blanquecina (algunas ocasiones blanco cremosa o púrpura), pero sin manchas en la base de los lóbulos, los que son generalmente rectos. El cáliz de los frutos maduros presenta una constricción anular en la unión con el pedicelo, y las venas no se prolongan hacia los dientes como en *C. annuum*. Las semillas son de color amarillo-pálido. La planta presenta tallos múltiples y erectos. Las hojas son pálidas a verde claro de forma ovada y regularmente alargadas. Éstas presentan generalmente una superficie rugosa, característica de la especie. Los frutos varían en forma de un pequeño trompo y tamaño desde pequeños y redondos (8mm de diámetro) hasta rugosos y alargados alcanzando 12 cm. El fruto tiene forma redonda, que varía de 2 a 6 cm de largo por 2 a 4 de ancho, con una

constricción en la base. Es de color verde claro en su estado tierno y de tonos salmón, rojo, café, amarillo o naranja al madurar (López *et al.*, 2009).

Unas de las características inconfundibles del chile es su picor. Un chile por el nivel de capsaicina que contiene su fruto, la cual está localizada principalmente en la placenta y las venas. La capsaicina es un alcaloide, sin color ni sabor ni olor, que se produce en la parte superior del fruto, donde se juntan la placenta y las paredes del mismo (Long, 2011). La capsaicina (trans-8-metil-N-vanillil-6-nonenamida) confiere la característica picante a los frutos de chile. Este compuesto tiene actividad analgésica y antiinflamatoria, y se utiliza con fines terapéuticos para tratar dolores provocados por la artritis reumatoide y la neuropatía diabética. No obstante, los argumentos de beneficios o efectos dañinos de la capsaicina son controvertidos; algunas referencias señalan que la capsaicina es un agente carcinógeno, co-cancerígeno o promotor de tumores, mientras que otras remarcan sus efectos quimiopreventivos y quimioterapéuticos (Surh y Lee, 1995; Surh, 2002).

La capsaicina es la sustancia que le da el picor al chile y que afecta principalmente a mamíferos. Su cantidad y efecto es distinta entre las distintas variedades y se mide en unidades Scoville (SHU). Los pimientos morrones tienen 0 unidades mientras que los chiles habaneros tienen entre 100,000 a 350,000 unidades. Esta sustancia tiene gran variedad de aplicaciones medicinales (Biodiversidad Mexicana, 2016).

2.2.4. Usos del chile habanero

En la horticultura mexicana, el chile es uno de los cultivos más importantes y el de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvo y encurtidos. Esta es una hortaliza que genera divisas para México, ya que es el principal país proveedor de Estados Unidos y Canadá en los ciclos invierno-primavera; es también de gran importancia social debido a la enorme cantidad de mano de obra que requiere durante todo el ciclo agrícola (Valadéz, 1998).

Durante la época prehispánica, el uso más importante de *Capsicum* fue como ingrediente en la dieta básica; no obstante, también fue utilizado para otros fines culturales. Uno de sus usos fue como medicamento en las curaciones. Los curanderos lo utilizaban para tratar la tos por medio de infusiones de las hojas y raíces de la planta del chile. El dolor de las caries se curaba presionando un chile caliente y sal contra el diente infectado y trataban el estreñimiento con agua de salitre y chile. También fue usado para iniciar el parto retardado. Lo ocupaban para superar los vértigos o mareos y como remedio para algunos otros males. A través de la historia ha formado parte del instrumental del curandero para tratar enfermedades culturales como el “mal de ojo”, para efectuar una “limpia” y como amuleto para alejar “los aires malévolos” (Long, 2011).

Este producto se utiliza como condimento, y de forma industrial para producir pinturas que protegen la parte inferior de los barcos, evitando así la oxidación de la embarcación, además la industria bélica ocupa este chile para la fabricación del gas pimienta. También lo maneja la industria cosmetológica para

la creación de cremas limpiadoras faciales y de la misma manera es utilizado en la elaboración de medicinas para combatir enfermedades como el cáncer (Medina, 2010).

Entre los productos que se pueden obtener del fruto fresco son pastas para salsas, producto en polvo o seco y oleorresinas como los capsaicinoides, si los procesos que se aplican no son los adecuados se puede dañar su calidad del producto y por lo tanto disminuye sus probabilidades de comercialización y exportación (Chan *et al.*, 2011).

El *chinense* Jacq., ocupa un lugar muy importante en la dieta de la población mexicana convirtiéndose en un símbolo y ejemplo en pungencia debido a su alto contenido de capsaicinoides. Este compuesto ha sido determinante en el incremento en la demanda en el mercado nacional e internacional debido a su amplia utilización en la medicina, cosméticos, pinturas, gases lacrimógenos, salsas, entre otros. La salsa es el producto elaborado a partir de varias hortalizas y especias. Este producto se utiliza como sazonador complementario en la alimentación diaria (Cázares y Duch, 2002).

2.3. Manejo del cultivo

El manejo del cultivo se extiende prácticamente a lo largo del año: el establecimiento de almácigos tradicionales se lleva a cabo de enero a febrero, mientras que el trasplante en el terreno se generaliza a mediados de abril, cuando el riesgo por bajas temperaturas es mínimo; por su parte, la cosecha se puede realizar en junio (si es para verdear) o de septiembre a noviembre si se quiere

para producción en seco. La selección y empaque de chile frecuentemente se prolonga bien entrado el siguiente año (Galindo *et al.*, 2002).

2.3.1. Temperatura

El cultivo de chile la temperatura mínima para la germinación es de 13°C, con una óptima de 25°C y una máxima de 40°C. Durante el desarrollo la planta, necesita temperaturas diurnas de 20°C a 25°C y nocturnas de 16°C a 18°C, temperaturas inferiores disminuyen su desarrollo y detienen su crecimiento a los 10°C. El cuajado (cuando ya está fecundada) de la flor requiere de una temperatura óptima de 25°C con una mínima de 18°C y máxima de 35°C. Una planta joven de pimiento sometida durante la noche a una temperatura de 12°C produce un mayor número de flores que esa misma planta sometida a temperaturas nocturnas de 18°C. Con una temperatura superior de 35-40°C se observa aborto de flores (Maroto, 2002).

2.3.2. Clima

El ciclo vegetativo de esta planta depende de las variedades, de la temperatura en las diferentes épocas (germinación, floración, maduración), de la duración del día y de la intensidad luminosa. Es un cultivo que se adapta a un rango muy amplio de altitudes, desde el nivel del mar hasta 3000 msnm, de acuerdo con la especie cultivada. El rango de temperatura en que se cultiva este fruto también es variable; en Costa Rica se cultiva en zonas con temperaturas entre 18 y 30°C (MAG, 1991).

2.3.3. Humedad relativa

La humedad relativa óptima debe oscilar entre el 50 y 60%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Cuando la humedad y la temperatura son elevadas se produce una floración deficiente, caída de flores, frutos deformes y disminución del crecimiento, éstos efectos similares también se producen cuando la humedad relativa es escasa (ECAO, 2002).

2.3.4. Suelos

Pacheco (2005), menciona que el chile habanero se adapta y desarrolla en suelos profundos y bien drenados con textura entre lo franco limoso y franco arcilloso, con un pH desde 6.5 a 7.0, con un buen nivel de fertilidad y con una leve pendiente no menos de 8% para evitar áreas que se inunden o se estanque el agua después de una fuerte lluvia.

2.4. Generalidades de invernaderos

Un invernadero es una instalación cubierta y abrigada artificialmente con materiales transparentes para defender las plantas de la acción de los meteoros exteriores. Esta instalación permite el control de determinados parámetros productivos, como la temperatura ambiental y del suelo, humedad relativa, concentración de anhídrido carbónico en el aire, luz, etc., en lo más cercano posible al óptimo para el desarrollo de los cultivos que se establezcan (Serrano, 1983).

2.4.1. Ventajas

Romero (1998) destaca las siguientes ventajas de la producción bajo condiciones de invernadero:

- Programación de cosechas de acuerdo a la demanda y precio del producto.
- Precocidad en el ciclo del cultivo, lo que hace posible el logro de hasta tres cosechas por año.
- Aumento del rendimiento de hasta 300%
- Mayor calidad de frutos, ya que estos son más uniformes, sanos y no contaminados.
- Ahorro de agua (se puede llegar a recuperar de 60 a 80% del agua aplicada que se evapotranspira).
- Control adecuado de plagas y enfermedades.
- Uso de semillas mejoradas y variedades selectas para cultivarse en invernadero con máximos rendimientos.

2.4.2. Desventajas

Sánchez y Favela (2000) destacan las siguientes desventajas:

- Se requiere una alta especialización, empresarial y técnica de las personas que se dedican a esta actividad.
- Alto costo de los insumos
- Las instalaciones y estructuras representan una elevada inversión inicial.

- Un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas.
- Es necesaria la automatización del invernadero para el control del ambiente.
- Se puede favorecer el desarrollo de enfermedades, por lo que se requerirá de aplicaciones más frecuentes de productos químicos.

2.5. Plagas y enfermedades del cultivo de chile

2.5.1. Plagas

2.5.1.1. Minador de la hoja

Estos insectos minan (hacen galerías) las hojas, las larvas maduras salen de las minas y caen al suelo para pupar, a veces pupan en la misma hoja. El adulto es una pequeña mosca de 2 mm, de color negro brillante con manchas amarillas sobre el tórax. Presencia de minas en hojas, en forma de serpentinillas que se ensanchan a medida que la larva crece. Puede ocasionar caída de hojas cuando la densidad de la plaga es muy alta produciendo pérdidas económicas (Galindo, 2002).

2.5.1.2. Trips

Son insectos pequeños de alrededor de 1 mm de longitud, de color amarillo gris, muy móvil cuyo hábitat son las estructuras internas de brotes y flores, los adultos y ninfas succionan la savia de las plantas luego de raspar los tejidos de hojas, flores y frutos. Las hojas y frutos se deforman presentando cicatrices irregulares de apariencia brillante, mate o plateada, las plantas pequeñas pueden

ser destruidas, en otros casos se retarda el crecimiento afectando el tamaño de bulbos y frutos (Galindo, 2002).

2.5.1.3. Mosca blanca

Las moscas adultas son pequeños insectos blancos de 1 a 2 mm de longitud. Tienen dos pares de alas cubiertas de cera fina. Los adultos y las ninfas se alimentan de a savia de la planta. Cuando la población es alta se produce un líquido meloso donde se desarrolla la fumagina, que es una cubierta de apariencia polvorienta de color negro sobre la superficie de las hojas la cual disminuye la capacidad fotosintética de las hojas. Los daños más importantes se producen debido a que pueden transmitir virus que provocan disminución del rendimiento y fruto pequeño (Galindo, 2002).

2.5.1.4. Pulgones o áfidos

Son pequeños insectos de cuerpo blando y colores variables como verde claro, verde oscuro, amarillento, morado cenizo, que chupan la savia en las hojas y brotes de las plantas. Viven formando masas de poblaciones de insectos, principalmente en hojas y brotes con presencia de algunos adultos con alas. Si las poblaciones de áfidos son altas, la extracción de savia en grandes cantidades debilita la planta, además, producen una mielecilla que es consumida por hormigas o permite el desarrollo de fumagina. Indirectamente pueden transmitir virus a las plantas (Galindo, 2002).

2.5.2. Enfermedades

2.5.2.1. Cenicilla

La cenicilla polvorienta del chile es una enfermedad relativamente nueva, es provocada por el hongo llamado *Oidiopsis* spp. El hongo sobrevive de una temporada a otra infectando maleza que puede sobrevivir por largos periodos durante los cuales el hongo se reproduce y disemina, los síntomas iniciales aparecen en el follaje más viejo de la planta y eventualmente se observan en las hojas jóvenes y fruto. El hongo aparece como un polvillo blanco a grisáceo, por debajo de las hojas, al principio afecta pequeñas áreas aisladas, pero puede cubrir toda la hoja causando severos daños en el proceso fotosintético (Galindo, 2002).

2.5.2.2. Pudrición de la raíz

La pudrición de la raíz es causada por un grupo de hongos del suelo; los nombres científicos de los hongos más comunes en Aguascalientes y Zacatecas son: *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Verticillium* spp., y *Phytophthora* spp. Frecuentemente es posible encontrar dos o más de estos hongos en las raíces de una sola planta aunque probablemente solo uno de ellos sea el responsable de los síntomas observados, mientras que el otro u otros hongos se desarrollan sobre el tejido de la raíz muerto o afectado por el primer hongo. Este hongo puede causar la marchitez y hasta muerte de la planta (Galindo, 2002).

2.5.2.3. Mosaico de la hoja

Es un hongo que ataca severamente el follaje de la planta y difícilmente se recupera, a pesar de esto, se pudo controlar hasta la etapa media de la planta

con allium de 18 a 20 ml los cuales se aplican en una bomba de 15 lts que se utiliza en el control de enfermedades fungosas (Galindo, 2002).

2.5.2.4. Amarillamiento del chile

Es una enfermedad ampliamente diseminada, su agente causal no es plenamente conocido aunque por los síntomas observados, puede ser de naturaleza viral. Las plantas afectadas por esta enfermedad son achaparradas, con un aspecto de arbusto, de un color verde pálido que contrasta con el color verde intenso de plantas sanas. También presentan entrenudos cortos, hojas generalmente más largas y anchas que las de plantas normales; estas hojas son de consistencia más gruesa que las normales, la reducción en el rendimiento demuestra que la planta fue atacada por este patógeno (Galindo, 2002).

2.5.2.5. Tizón tardío

Bajo condiciones ideales, el tizón tardío puede propagarse rápidamente y defoliar campos en un periodo de tres semanas. El desarrollo del tizón tardío es favorecido por alta humedad, rocío, clima húmedo y temperaturas moderadas (10 a 27°C). El tizón tardío afecta al follaje de la papa y del tomate al igual que a los tubérculos de la papa y al fruto del tomate. Ocurre principalmente cuando las hojas se mantienen húmedas durante periodos largos (Galindo, 2002).

2.5.3. Enfermedades causadas por nematodos e historia

Hace más de 100 años, en agosto de 1877, Jobert (1878) observó árboles de café enfermos en la provincia de Rio de Janeiro, Brasil y encontró raíces fibrosas con numerosas agallas, algunas en la parte terminal y otras sobre el eje

de la raíz, o más raramente sobre raíces laterales. Las agallas terminales eran periformes, agudas, y frecuentemente curvadas. Las más grandes eran del tamaño de un chícharo pequeño y contenían quistes con paredes hialinas. También se encontraron huevecillos elípticos encerrados en las membranas hialinas y contenían pequeños organismos nematoides. Observó que los organismos filiformes emergían de los huevos, escapaban de las raíces y se encontraban en grandes números en el suelo. Diez años más tarde, Goldi (1887) investigó el mismo problema en cafeto, comprobó el papel del nematodo como la causa de esta enfermedad y dio el nombre de *Meloidogyne exigua* al nematodo agallador (Taylor y Sasser, 1978).

Todas las especies fitoparásitas de nematodos poseen estilete, lo que ayuda a diferenciarlas de las especies que pueden resultar benéficas. Existen, sin embargo, especies que poseen estilete y no son fitoparásitos, como el caso del género *Tylenchus*, el cual es fungívoro. Dentro de los géneros fitoparásitos se encuentran *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Heterodera*, *Globodera*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Criconemella* (*Mesocriconema*), *Helicotylenchus*, *Longidorus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Belonolaimus*, *Radopholus* (CESAVEG, 2011).

2.5.4. Importancia de los nematodos en el cultivo del chile

Los nematodos del suelo son organismos filiformes diminutos que provocan la hipertrofia de las raíces, formando tumores que dan la apariencia de morcilla. Causan la necrosis y más tarde la podredumbre de los tejidos y de las

raíces, el sistema radicular de las plantas atacadas muestra una fuerte ramificación, con lesiones necróticas y pudrición. El crecimiento de la planta queda obstaculizado. Las plantas muestran marchitez y se debilitan. En general las plantas atacadas por 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 nematodos causan severos daños al alimentarse en el interior o sobre las raíces de plantas, permitiendo que los hongos y bacterias penetren y debiliten a las plantas. Los daños incluyen achaparramiento, clorosis y pérdida en el rendimiento (Klixet *al.*, 2010).

Uno de los problemas más severos en la producción de las hortalizas, son dos especies de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne hapla* Chitwood y *M. incognita*, nematodos fitoparásitos microscópicos que se encuentran en el suelo y raíces de plantas. Estos nematodos se alimentan perforando las células de las raíces succionando los contenidos líquidos. La penetración a la raíz y alimentación usualmente empiezan 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).

Los nematodos son de gran importancia, pero debido a que habitan en el suelo, se encuentran entre las plagas que requieren métodos de laboratorio para su diagnóstico e identificación. Sus efectos a menudo son subestimados por los agricultores, agrónomos y consultores en el manejo de plagas. Se estima que los nematodos fitoparásitos reducen cerca del 12 % de la producción agrícola global (Stirling *et al.*, 2002), mientras que en hortalizas y frutales se estima que las pérdidas anuales por estos organismos es del 14% en hortalizas y frutales en los EUA (Appleman y Hanmer, 2003).

El nematodo más importante que suele atacar los cultivos de hortalizas en la Comarca Lagunera es *Meloidogyne incognita*, las plantas infectadas por este nematodo presentan amarillamientos, marchitamientos y reducciones en la producción (Bastarrachea, 2007).

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

2.6.1. Ubicación taxonómica

Ubicación taxonómica del nematodo agallador o nodulador (UCD, 2006 y Taylor y Sasser, 1978).

Phylum: Nemata
Clase: Secernentea
Subclase: Diplogasteria
Orden: Tylenchida
Suborden: Tylenchina
Superfamilia: Tylenchoidea
Familia: Meloidogynidae
Subfamilia: Meloidogyninae
Género: *Meloidogyne*
Especie: *M. incognita*

2.6.2. Características morfológicas

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

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

Las larvas migratorias de 2º instar son vermiformes, fluctúan de 280 – 500 micras (μ) en longitud. Los estiletes miden cerca de 10 micras de largo, portan nódulos basales redondos. El esófago consiste de un procorpus, 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 *et al.*, 1967).

Los nematodos adultos parásitos de plantas son organismos 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).

2.6.3. Hospedantes

Meloidogyne incognita es extremadamente polífago con un rango mayor de 3,000 especies de plantas. Individualmente las especies de este nematodo tienen un amplio rango de hospedantes. Se enlistan 874 cultivos como hospedantes de 7 u 8 especies de *Meloidogyne* en el Oeste de los Estados Unidos de América y actualmente se reportan en el mundo 80 especies del nematodo nodulador *Meloidogyne* (UCD, 2007).

El nematodo nodulador *M. incognita*, es extremadamente polífago con un rango de hospedantes mayor de 3,000 especies de plantas. Individualmente, las especies del género tienen un amplio rango de hospedantes. Se enlistan 874 cultivos como hospedantes de 7 u 8 especies de *Meloidogyne* en el Oeste de los Estados Unidos de América y actualmente se reportan en el mundo 80 especies del nematodo nodulador *Meloidogyne* (UCD, 2007). A nivel mundial, la gama de hospederos de *Meloidogyne* spp., comprende una gran cantidad de especies de plantas, que representa casi todas las familias vegetales. En México, los cultivos de importancia económica que han sido atacados por este nematodo son: aguacate, alfalfa, algodón, amaranto, cacahuate, calabaza, cafeto, cebolla, chile, col, durazno, fresa, frijol, garbanzo, guayabo, maíz, manzano, melón, plátano, papa, papaya, quelite, sandía, tabaco, tomate y vid, entre otros (Cepeda, 1996). *M. incognita*, es causante de daños importantes en el cultivo del chile en todo el mundo y puede ser particularmente problema en suelos arenosos y calientes. También, suele causar severos daños en la producción de plántulas de chile para trasplantes, particularmente si se utiliza suelo sin esterilizar. Las pérdidas dependen grandemente de la edad de la planta y el grado de ataque de este

nematodo. Si es atacada en estado de plántula el resultado a menudo es una pérdida completa de la producción (Goldberg, 2001).

2.6.4. Biología y ciclo de vida

M. incognita como la mayoría de los nematodos parásitos de plantas pasa por cuatro estados juveniles entre el huevo y adulto (Shepherd y Huck, 1989; Robinson, 2008; Moens *et al.*, 2009). Después de la embriogénesis, la primera muda ocurre dentro del huevo, el segundo estado juvenil ocurre dentro del huevo, (J2) deja el huevo y se mueve a través del suelo en busca de una planta hospedera (Agrios, 1997; Moens *et al.*, 2009). El J2, el cual representa el único estado infectivo de las especies de *Meloidogyne*, eclosionan de los huevos y penetran las raíces de algodón en el área de elongación de la raíz justo detrás de la capa apical de la raíz (Faske y Starr, 2006). Después de la penetración del J2 se reporta que migran intra e intercelularmente a través de la corteza hacia los cilindros vasculares donde se diferencian los tejidos del xilema y el floema (Creech *et al.*, 1995; Karssen y Moens, 2006; Moens *et al.*, 2009). Las células vasculares en desarrollo o las células cerca del parénquima de la planta hospedera son picadas con el estilete de un J2 de *M. incognita* dentro de las cuales son inyectadas las secreciones de la glándula esofágica. La formación de sitios especializados de alimentación, inducen subsecuentemente las conocidas células gigantes (Sijmons *et al.*, 1994; Karssen y Moens, 2006; Moens *et al.*, 2009). Estas engrandadas y multinucleadas células gigantes se tornan sitios permanentes de alimentación por el resto del ciclo de vida del nematodo de los nódulos radiculares (Karssen & Moens, 2006; Moens *et al.*, 2009). Los estadios

juveniles del nematodo de los nódulos radiculares completan tres mudas adicionales dentro de la raíz antes de convertirse en adultos (Sijmons *et al.*, 1994; Moens *et al.*, 2009). El J3 se desarrolla en J4, el cual por último se desarrolla en una hembra hinchada en forma de pera (Sijmons *et al.*, 1994; Moens *et al.*, 2009). Los individuos de los estados de desarrollo J3 y J4 no poseen estilete y no se alimentan del tejido de la hospedera (Sijmons *et al.*, 1994; Moens *et al.*, 2009). Durante la cuarta y última muda, se pueden desarrollar nematodos macho debido a las condiciones adversas que incluyen temperaturas no óptimas, insuficientes fuentes de alimento y otras. Los nematodos de los nódulos radiculares migran al exterior de la raíz de una planta hospedera sin alimentarse (Creech *et al.*, 1995; Moens *et al.*, 2009).

2.6.5. Síntomas causados por *Meloidogyne*

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).

En plantas de Chile, los síntomas tempranos por nematodos de los nódulos radiculares no son visibles en la parte aérea, pero posteriormente puede presentarse marchitamiento, achaparramiento, amarillamiento y finalmente muerte de plántulas. Se forman nódulos en las raíces. La planta se torna susceptible a infecciones fungosas que entran a la planta a través del sistema radicular dañado. Las plantas infestadas por nematodos también son más susceptibles al estrés por exceso o falta de humedad. Por lo anterior, el nematodo de los nódulos radiculares es considerado uno de los peores enemigos de las plantas de Chile (McMurchie, 2010).

El nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood causa infecciones en una gran diversidad de plantas, es un parásito obligado que debe completar su ciclo de vida en la planta hospedante. Los huevos son persistentes y pueden permanecer inactivos en la ausencia de una planta hospedante y/o en suelos barbechados por meses o años. A medida que las larvas de este nematodo de los nódulos radiculares penetran en la raíz

de la planta, se alimentan y maduran, las células que rodean la raíz de la planta incrementan su tamaño y se dividen causando hinchazones, a menudo conocidas como nódulos radiculares. El flujo de agua y nutrientes se restringe y la planta se marchita rápidamente. Si el ataque se lleva a cabo en estado de plántula, éstas a menudo se achaparran y se tornan cloróticas. Las plantas infectadas raramente se mueren, pero generalmente no alcanzan a producir (UA, 2010).

Índice de agallamiento

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

Así mismo, se trabaja con otro índice de agallamiento en escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas y así: 1 = Sin agallas o escasas agallas con un promedio de diámetro de agallas menores de 1 mm, 2 = Escasas agallas, con un promedio de diámetro de agallas entre 1 y 2 mm, 3 = Las agallas en su mayoría no están unidas, con un diámetro promedio entre 2 y 3 mm, 4 = Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio entre agallas entre 3 y 4 mm, 5 = Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio de agallas mayores de 4 mm (Maluf *et al.*, 2008).

2.6.6. 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 (Jenkins y Taylor, 1967).

Penetración a la raíz y migración al sitio de alimentación.- Las larvas de 2º instar penetran las células de la raíz próximos a la zona de elongación por medios mecánicos a través de repetidos y rápidos embates de sus estiletes y probablemente por medios químicos (celulosa y pectinasa). Esta penetración es seguida de un breve descanso después del cual los contenidos de la célula son succionados por el nematodo mediante la acción de una porción muscular de su esófago. La penetración de la larva toma más de 6 horas, dependiendo de la especie de nematodo, hospedante y factores ambientales. A medida que la larva invade la raíz se alimenta de las células internas y células de la lamela media. Se mueven entre las células corticales hacia el ápice de la raíz, prosiguen al meristemo y regresan migrando hacia el cilindro vascular en la zona de diferenciación celular. Finalmente reposan con sus cabezas y estilete en desarrollo cerca de la región de alargamiento de células y cuerpos en la corteza. Después de que la larva alcanza lo que será su sitio permanente, en sus estados subsecuentes se alimenta solamente sobre células que rodean su parte anterior (Jenkins y Taylor, 1967).

Inicio en el sitio de alimentación.- Los J2 penetran en las células cortando con su estilete las paredes celulares e inyectan secreciones de la glándula dorsal esofágica. Estas secreciones causan el engrandecimiento de las células en el cilindro vascular y se incrementan los grados de división celular en el periciclo. Esto lleva a la formación de células gigantes (sincitia) formada por el engrandecimiento de las células (hipertrofia), disolución de las paredes celulares, agrandamiento de los núcleos y cambios en la composición de los contenidos de la célula. Al mismo tiempo se presenta una intensa multiplicación celular (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva. Estos cambios pueden ir acompañados por un alargamiento de la raíz para formar las agallas características. Sobre raíces pequeñas, las agallas que contienen solo una hembra son redondas a fusiformes y pueden tener de 1 – 3 mm de diámetro (Taylor y Sasser, 1978).

Los J2 de *M. incógnita* entran en el ápice de la raíz y avanzan entre y a través de las células en los tejidos de la corteza en la zona de elongación hasta que sitúan su cabeza en los tejidos vasculares. El daño a las células ocurre como resultado de la migración y si varios J2 entran en la parte apical de la raíz, la división celular se detiene y no se presenta el alargamiento de la raíz. A medida que la alimentación continúa, varias células cercanas a la cabeza del nematodo comienzan a agrandarse y se vuelven multinucleadas. Estas son denominadas células gigantes y usualmente hay de 3 – 6 asociadas con cada nematodo. Estos cambios son inducidos por sustancias (secreciones salivales) introducidas en las células y tejidos que los rodean durante la alimentación del nematodo. Durante

este proceso los vasos del xilema se distorsionan y las raíces no pueden funcionar normalmente con respecto a agua y nutrientes. Durante el proceso de formación de agallas los nematodos pasan por la 2ª, 3ª y 4ª muda para alcanzar el estado adulto (Chacón, 2010).

2.7. Manejo integrado de nematodos

Las opciones disponibles para el control de nematodos dependen en gran medida de la intensidad y rentabilidad del cultivo. En cultivos hortícolas y ornamentales de alta rentabilidad se usan rutinariamente desinfestación del suelo con fumigantes, mientras que en otros cultivos de menor rendimiento económico se usan programas de manejo integrado, incluyendo rotaciones y/o variedades resistentes. No obstante, la preocupación entre consumidores y organizaciones por los riesgos ambientales de los nematicidas, así como el énfasis puesto en una agricultura sostenible por organismos europeos e internacionales ha cambiado drásticamente la situación y de una excesiva confianza en los nematicidas, se debe pasar urgentemente a otros sistemas que integren métodos alternativos de control compatibles con el respeto al medio ambiente (Isidro, 2011).

Existen diversos métodos de control nematológico alternativos al control químico, tanto culturales (barbecho, rotaciones, biofumigación) como físicos (solarización) o biológicos. Todos ellos tienen ventajas e inconvenientes y ninguna estrategia por sí sola, parece ser satisfactoriamente efectiva, por lo que el acercamiento más productivo al control nematológico debería involucrar la integración de varios métodos. Se debe reconocer que utilizar únicamente las

prácticas culturales el manejo del suelo, no es igualmente eficaz para el control de nematodos parásitos de plantas en comparación con la integración de métodos químicos, que tienden a reducir gradualmente las poblaciones de nematodos a través del tiempo. Para el manejo integrado de nematodos se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones específicas, tales como el tipo de suelo, la temperatura, la humedad, pueden ser muy importantes para determinar si las diferentes prácticas pueden ser utilizados eficazmente para el manejo de nematodos (UF/IFAS, 2008).

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

2.7.1. 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).

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).

2.7.2. Barbecho

Un barbecho estricto por 1-2 años normalmente reducirá las poblaciones de nematodos en un 80-90 por ciento. Este efecto puede lograrse en tan sólo una estación introduciendo otras medidas culturales. Sin embargo, barbechar puede ser inaceptable para el agricultor debido a la potencial pérdida de materia orgánica, peligro de erosión y reducción del periodo productivo. Además si se permite el crecimiento de malezas durante el barbecho, algunos nematodos

pueden sobrevivir y reproducirse en ellas, haciendo esta práctica ineficaz (Luján, 2010).

2.7.3. Inundación

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

2.7.4. Solarización

Solarización del suelo es una técnica no química que se establece con láminas delgadas de polietileno transparente sobre el suelo húmedo, en un periodo 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 (Luján, 2010).

2.7.5. Rotación de cultivos

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 periodo determinado (Santiago, 2006).

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 pequeños granos. Para reducir los números del nematodo de los nódulos radiculares por bajo 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 rotación de cultivos por tantos como 12 años han resultado ineficientes para erradicar al nematodo, posiblemente por la presencia de maleza hospedera (Kim *et al.*, 1997).

2.7.6. Variedades resistentes

Las variedades resistentes son un método de control más eficaz contra las especies de endoparásitos sedentarios como *Meloidogyne* o los nematodos quísticos (*Globodera*, *Heterodera*) que pasan la mayor parte de su ciclo de vida dentro de las raíces. Tomates y sojas, en particular, han sido intensivamente seleccionados para resistencia a los nematodos no obstante, las fuentes de resistencia natural están limitadas a unas pocas especies de nematodos y en ocasiones sólo eficaces frente a una raza del patógeno. Cuando una variedad resistente se planta, las poblaciones de nematodos generalmente disminuyen, pero en la estación siguiente, los pocos nematodos en una población capaces de superar la resistencia empiezan a aumentar, con lo que al cabo de unas generaciones la resistencia puede ser rota por poblaciones virulentas. Por otro lado, la resistencia proporcionada por el gen en tomate frente a *Meloidogyne* spp., no se expresa a temperaturas del suelo a 2834°C (CESAVEG, 2011).

2.7.7. Control biológico

La definición dada por Jenkis *et al.*, (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. Dentro de los hongos, existen diferentes géneros que afectan de manera natural a nematodos fitoparásitos, entre los que se encuentran: *Hirsutella*, *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Fusarium*, *Paecilomyces* y *Pochonia*. Otros hongos también pueden afectar nematodos fitoparásitos, entre ellos *Trichoderma* spp. Los hongos micorrizos arbusculares. También se les atribuye propiedades para el control de nematodos formadores de agallas a las rizobacterias promotoras del crecimiento, que colonizan las raíces y se convierten en “envolturas biológicas” que retrasan la invasión por los nematodos. Además, producen toxinas o alteran los exudados de las raíces, haciéndolas menos atractivas a los nematodos y su antagonismo ha sido asociado con la producción de quitinasas y colagenasas entre estas bacterias se destacan especies de los géneros *Rhizobium* Frank y *Bradyrhizobium*. También ha sido probada la efectividad en el control de *Meloidogyne* spp. Por las rizobacterias *Pseudomonas fluorescens* Migula, *Azotobacter chroococcum* Beijerinck y *Azospirillum brasilense* (SAGARPA, 2010).

2.7.8. Control químico

Debido a que *Meloidogyne incognita*, tiene una amplia gama de hospedantes, su combate resulta difícil. Se recomiendan aplicaciones de

nematicidas fumigantes en pre-plantación con 1,2 Dicloropropeno y Metam sodio, que son considerados efectivos para reducir infestaciones tempranas de este nematodo (Davis, 2007).

La aplicación de nematicidas es prácticamente la única forma para controlar al nematodo de los nódulos radiculares en cultivos de alto valor. Entre estos se encuentran el Bromuro de metilo, Metam sodio, Oxamyl, aldicarb y carbofuran. Estos nematicidas proporcionan una protección para la germinación de la semilla, el establecimiento de plántulas y protegen el desarrollo inicial de las raíces de plantas, ya sea por semilla o trasplante. Desafortunadamente muchos nematicidas entre ellos el Bromuro de metilo han sido retirados del mercado por su naturaleza tóxica y habilidad para lixiviarse en las aguas subterráneas. Los nematicidas no volátiles presentan extensivas propiedades residuales que restringen su aplicación, porque pueden causar daño en mamíferos y humanos (Brust *et al.*, 2003).

Sin embargo, aunque estos materiales son efectivos presentan riesgos de seguridad y daños al medio ambiente. A medida que continúa el retiro de nematicidas del mercado, se está volviendo sumamente importante el desarrollo de métodos de combate no selectivos y económicos. En la actualidad la investigación se ha enfocado sobre los métodos de biocontrol con bacterias y hongos (Noling, 2005).

2.7.8.1. Nematicidas recomendados

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 Metilcarbamato 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

Metilisocianato que elimina a los nematodos. El Fenamifós (Nemacur) granulado es utilizado al momento de la siembra o en cultivos establecidos. El Oxamyl (Vydate) en forma líquida se puede aplicar al suelo o en aspersión al follaje (Gowen *et al.*, 2005).

En California (EUA), para el control de nematodos de cucurbitáceas en preplantación se usa el fumigante 1,3-dicloropropeno (Telone EC y Telone II), la mezcla de 1,3-dicloropropeno/Cloropicrina, Metam Sodio y Ethoprop (Mocap15 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 (UF/IFAS, 2008).

2.7.8.2. Avermectinas (Abamectina)

Las avermectinas representan una nueva clase de lactones macrocíclicos los cuales han demostrado actividad nematicida, acaricida e insecticida. Son una mezcla de productos naturales producidos por el actinomiceto del suelo *Streptomyces avermitilis* MA-4680 (NRRL 8165), el cual fue aislado en un cultivo en el instituto de Kitasato de una muestra de suelo colectada en la ciudad de Kawanalto, Prefectura de Shzucoa, Japón. El descubrimiento de las avermectinas de estos organismos fue en 1967, y actualmente ha influenciado grandemente el arsenal de químicos disponibles para el control de plagas de artrópodos del hogar y de la agricultura, así como parásitos de mamíferos (Lasota, 1991).

Streptomyces avermitilis Burg produce lactones macrocíclicos llamados avermectinas, consideradas los más potentes compuestos nematocidas jamás descubiertos. Por ejemplo, la Abamectina B1 actualmente es comercializada como tratamiento a la semilla para algodón y hortalizas contra un amplio espectro de nematodos parásitos de plantas. El producto se mueve de la semilla tratada a lo largo de las raíces en desarrollo, protegiendo así a las plantas de la infección del nematodo (Hallmann *et al.*, 2007).

La Abamectina tiene una rápida degradación y su vida media es de 20 – 47 días. Estos metabolitos de lactones macrocíclicos provocan una parálisis irreversible (Chen *et al.*, 2006).

La forma de actuar de las avermectinas es bloqueando el neurotransmisor ácido Gama – aminobutírico (GABA) en la unión neuromuscular de insectos y ácaros. La actividad visible, tal como alimentarse o poner huevos, se detiene pronto después de la exposición, aunque la muerte puede no sobrevenir durante varios días (Ware y Whitacre, 2004).

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 nematocida agrícola en tratamiento a la semilla, uno mucho más conveniente método para aplicar nematocidas (Barham *et al.*, 2005). Se está utilizando como tratamiento a la

semilla para controlar a nematodos parásitos de plantas en algodónero y algunas hortalizas (Faske y Starr, 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).

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

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

El retrasar la penetración de nematodos durante el altamente sensitivo estado de plántula es a menudo suficiente para el establecimiento de un vigoroso sistema radicular. Tratamiento a la semilla con el nematicida microbiano Abamectina en dosis de 7 – 20 gr de i.a. / ha otorga buena protección a plántulas de pepino desarrolladas en suelos infestados con *Meloidogyne incognita*. La longitud de raíz y altura de plantas tres semanas después de la siembra se incrementaron considerablemente comparadas con el testigo no tratado. Resultaron incrementos en producción arriba del 50%, y esta ganancia se le atribuye al incremento en número de frutos por planta. La protección de la semilla con Abamectina es una herramienta efectiva para retrasar el daño de *Meloidogyne incognita* y mejorar el desarrollo de plantas en suelos infestados (Becker et al., 2004).

2.8. Información técnica del producto evaluado

El producto Avicta 400 FS, es un nematicida que tiene como ingrediente activo a la Abamectina al 40%, equivalente a 400 g/litro AL, 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 Ácido Gamma Aminobutírico o GABA, el cual cumple con la función de neurotransmisor. La presencia de grandes cantidades de GABA a nivel sináptico conduce a un bloqueo total de los receptores específicos localizados en las terminaciones nerviosas, abre el canal de cloro, hiperpolarizan la neurona, lo que produce la interrupción de los impulsos nerviosos del parásito y en consecuencia

su muerte por parálisis flácida y eliminación del parásito. Este modo de acción original es propio de las avermectinas, entre ellas la Abamectina y la distingue de las otras familias de sustancias antiparasitarias.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de realización del estudio

El presente estudio se realizó en un macrotunel localizado en el campo agrícola experimental 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' 24.81" de latitud norte, 103° 22' 18.40" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1124 m.

Para el trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con 4 repeticiones; cada unidad experimental constó de 6 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas

por tratamiento y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución de tratamientos en base al diseño de bloques completamente al azar para evaluar Abamectina en el tratamiento a semilla de chile para el control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2016.

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

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

Para la realización de este trabajo se utilizaron semillas de chile habanero; vasos de precipitado, recipiente de polipropileno con tapa de rosca para el tratamiento a las semillas; bolsas de polietileno de capacidad de 3.5 kg; herramientas de campo, como son: pala, azadón y manguera de riego, y materiales para la toma de datos, libreta de campo, lápices, cámara fotográfica, báscula, microscopio estereoscopio, vernier, regla graduada y periódico.

Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de Abamectina (*Streptomyces avermitilis* Burg) y un testigo sin aplicación y se presentan en el Cuadro 5. Antes de realizar el tratamiento, se dejó reposar las semillas en una solución de ácido giberélico por 24 horas, esto para tener una rápida germinación de las semillas de chile habanero. Primero se preparó una solución madre

añadiendo 5gr de ácido giberélico en 100ml de agua, de la solución madre se extrajeron 5ml para verterlos en 50 ml de agua destilada, en un frasco por aparte, en el cual se añadieron las semillas de chile habanero y posteriormente dejarlas en reposo. Pasando las 24 horas, se extrajeron las semillas de la solución de ácido giberélico para dejarlos 72 horas expuestas al ambiente.

La aplicación del nematicida Avicta 400 FS se efectuó directamente a la semilla de chile por el método de slurry después de las 72 horas de reposo, el cual consistió en vaciar en el recipiente de polipropileno con tapa de rosca la dosis recomendada de Abamectina (Avicta 400 FS) de cada uno de los tratamientos por separado, más 1.5 ml de agua destilada, para luego mezclarlo con 1000 semillas, excepto el testigo absoluto.

Cuadro 5. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en Torreón, Coahuila, México. 2016.

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

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

Para iniciar el trabajo de campo el día 11/05/16, se colectó suelo y raíces de arbustos de truenos de los jardines de la UAAAN – UL y de “Rancho Negro” infestados severamente con nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne*

incognita, ya que el trueno *Ligustrum lucidum* es uno de los hospederos importantes para la supervivencia de este nematodo fitoparásito. Se extrajeron 10 submuestras de suelo y raíces, para luego realizar la homogenización de una muestra compuesta.

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

Las bolsas de polietileno utilizadas fueronde una capacidad de 3.5 kg, se llenaron con 3.0 kg del suelo, dejando un espacio vacío para el manejo del riego, actividad que se realizó poco después de coleccionar las submuestras y obtener la muestra compuesta, para evitar la inanición de los nematodos expuestos al sol y al viento. Las macetas fueron colocadas sobre tarimas para evitar la contaminación de nematodos del suelo. Del 100% del suelo coleccionado se utilizaron $\frac{3}{4}$ partes para llenar las macetas de los tratamientos de 1.00, 0.60 y 0.40 ml i.a. de Avicta 400 FS en 1000 semillas, mismas que fueron colocadas sobre tarimas, ya que si se colocaban sobre la superficie de la tierra, podían subir nematodos que hay en el suelo. Luego, se etiquetó cada maceta con sus datos

correspondientes; la otra $\frac{1}{4}$ parte del suelo restante se utilizó para el llenado de las macetas del testigo absoluto.

La siembra se llevó a cabo el día 16/05/16 y esta se efectuó con un riego de presiembra a tierra venida, colocando dos semillas de chile habanero por maceta para garantizar la germinación, a una profundidad de aproximadamente 0.5 cm, a partir de un día después de la siembra se aplicó un riego ligero diariamente.

El 19/05/16 se realizó una aplicación del herbicida HARNESS EC a una dosis de 2 lts/ha al interior y exterior del macrotunel para combatir la maleza y así evitar la llegada de plagas a las plantas.

La emergencia de las plántulas ocurrió el día 24/05/16 a 8 días después de la siembra (dds) en un 80% de las macetas, el otro 20% se llevó a cabo un día después. A los 5 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. A partir del día de la germinación en adelante se tuvo un mayor cuidado de las plantas y del área por completo.

A los 30 dds, tomando en cuenta los días a partir de la emergencia, el día 23/06/16 se realizó la toma de datos de los parámetros requeridos para evaluar y determinar el vigor de las plantas. Lo primero que se realizó fue la extracción de las plantas de chile de las bolsas de polietileno cuidando el sistema radicular. Luego fueron lavadas con agua a presión, para descubrir totalmente el sistema

radicular, este proceso se realizó con mucho cuidado para no dañar las raicillas de las plantas.

Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas, se colocaron en papel periódico humedecido e introducidas en bolsas de polietileno etiquetadas para ser trasladadas al Laboratorio de Parasitología de la UAAAN UL, para llevar a cabo la medición individual de cada planta, tomando los datos de la longitud y peso de la raíz; diámetro de la base del tallo, con un vernier y longitud y peso del mismo. Con un microscopio estereoscopio se realizó el conteo del número de agallas radicales (de acuerdo con la escala propuesta por Barker).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que las plantas de chile habanero sembradas se desarrollaron bajo condiciones de un macrotunel y con el suelo infestado de nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, en comparación con plantas de lotes donde la distribución de este nematodo no es uniforme se obtuvieron los siguientes resultados:

Vigor de las plantas

Para evaluar y determinar el vigor de las plantas, diámetro de la base del tallo, longitud y peso de la raíz, longitud y 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

La evaluación del diámetro del tallo de las plantas de chile habanero de acuerdo a la prueba de Tukey, demostró que los resultados de los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe una diferencia significativa, como lo podemos observar en el cuadro 6 y gráfica 1. Sin embargo el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con una media de 2.2583 muestra tener plantas ligeramente más vigorosas que el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 1.9542, seguido del tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con 1.3958 de media y por último el Testigo con 1.2792.

Cuadro 6. Comparación de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semillas en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL Torreón, Coahuila, México. 2016.

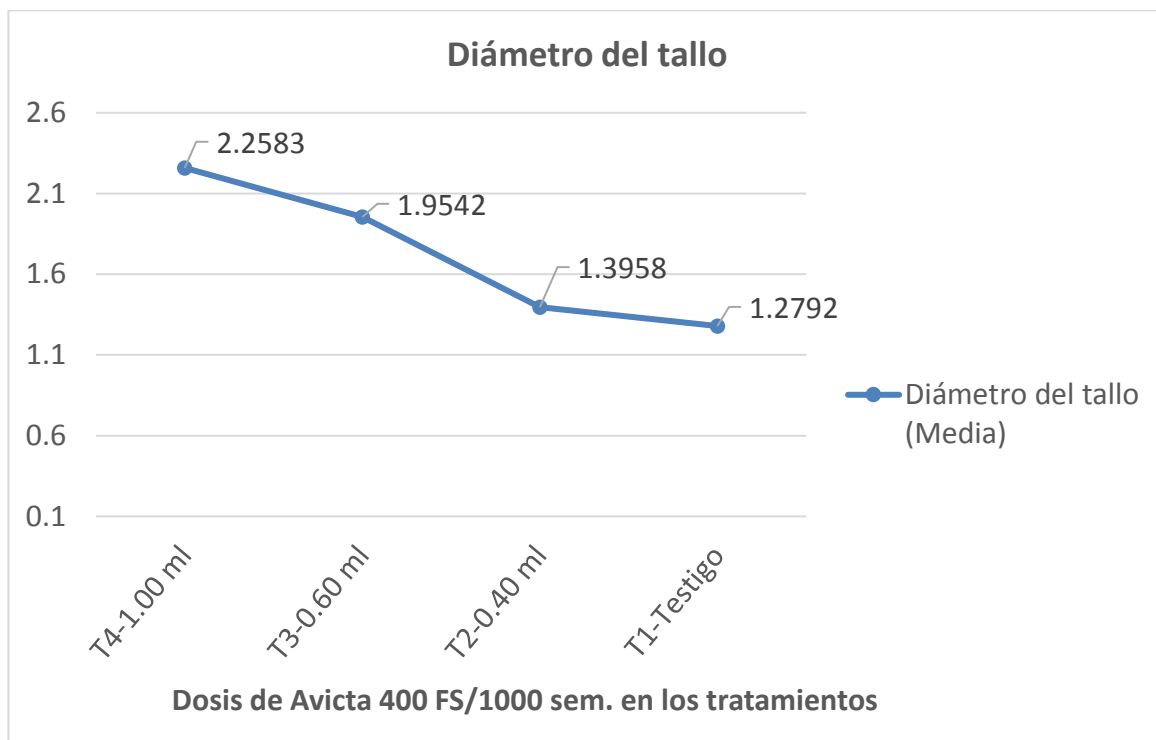
Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Diámetro del tallo (cm)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	2.2583	A*
3	0.60 ml	1.9542	A
2	0.40 ml	1.3958	A
1	Testigo	1.2792	A

PF: Producto Formulado

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

C.V.: 96.53296

Gráfica 1. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.



Longitud de la raíz

La comparación de medias de la longitud de la raíz de las plantas de chile habanero de acuerdo a la prueba de Tukey, demuestra que los resultados del tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con una media de 9.2792 cm y Tratamiento 1 (Testigo) con una media de 8.9333 cm son iguales estadísticamente hablando, aunque numéricamente, el tratamiento 2 resulta tener mayor valor de longitud de raíz, seguidos del tratamiento 3 (0.60 ml de dosis de PF/1000 semillas) con una media de 8.1875 cm y por último el tratamiento de menos valor numérico, tratamiento 4 con una media de 7.3375 cm.

Cuadro 7. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2016.

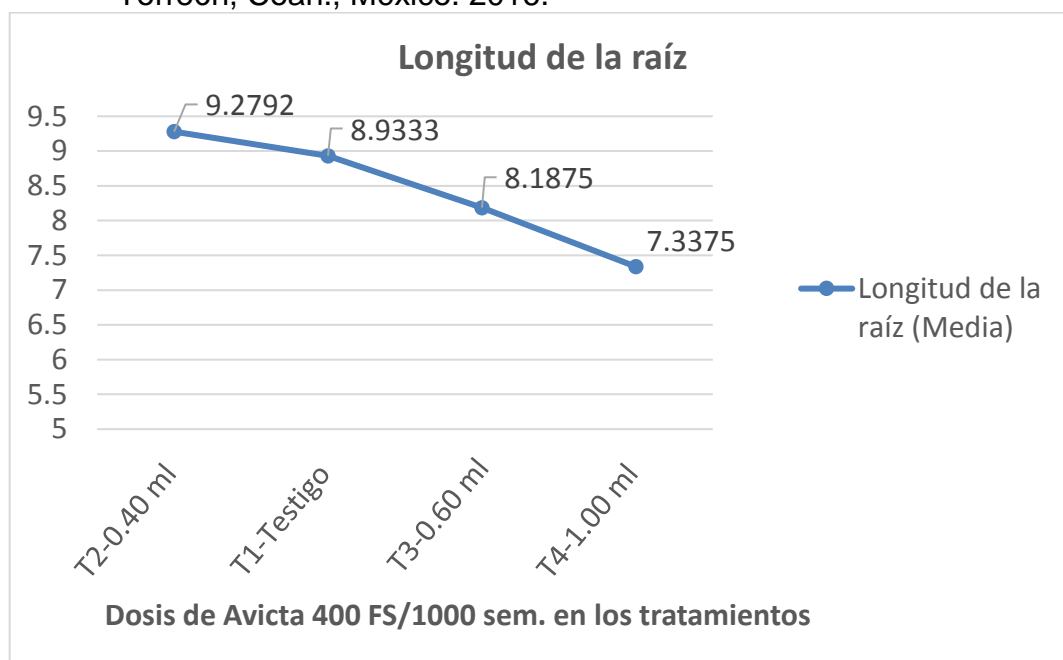
Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Longitud de la raíz (cm)	Comparación ($\alpha=0.05$)	
2	0.40 ml	9.2792	A*	
1	Testigo	8.9333	A	
3	0.60 ml	8.1875	A	B
4	1.00 ml	7.3375		B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 25.91596

Gráfica 2. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.



Longitud del follaje

Al evaluar la longitud del follaje de las plantas de chile según la prueba de Tukey, muestra en el cuadro 8 y gráfica 3 que los tratamientos 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas), 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) y 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) resultaron estadísticamente iguales y superiores al Testigo. Sin embargo, cabe señalar que el tratamiento 4 muestra un mayor valor numérico en la longitud del follaje con una media de 6.1500 cm, siguiéndole el tratamiento 3 con 5.6917 cm, el 2 con 5.6833 cm y el tratamiento 1 (Testigo) con una media de 4.6458 cm mostrando el menor valor de longitud del follaje.

Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.

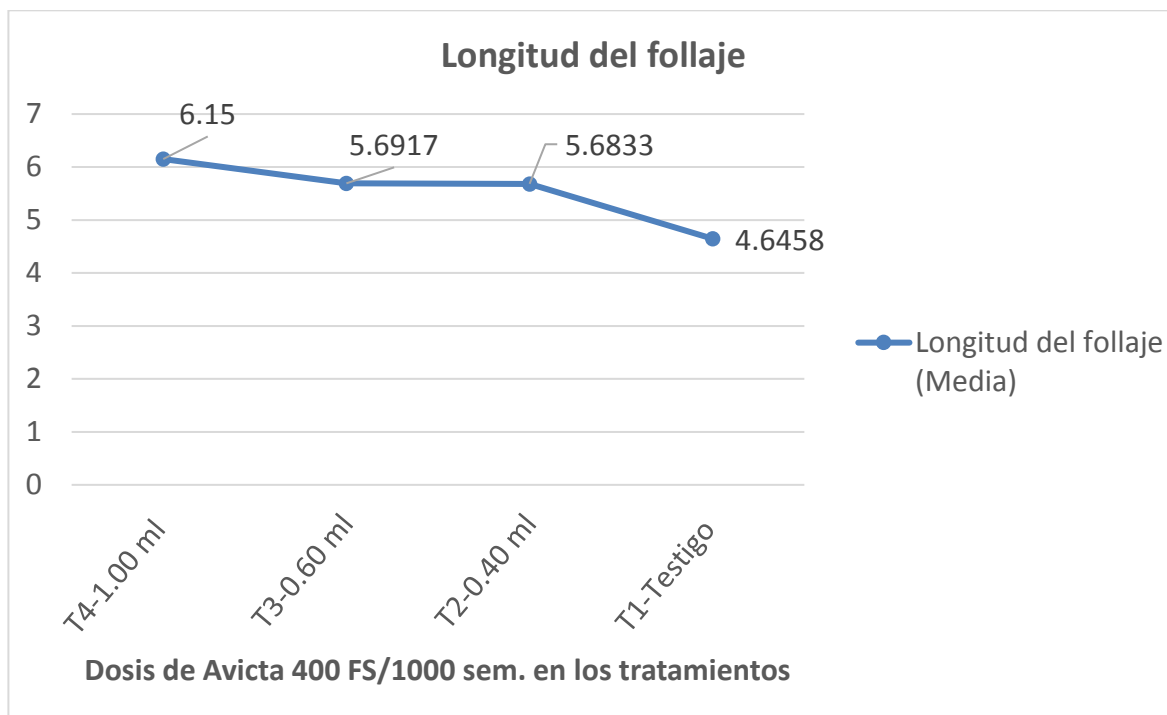
Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Longitud del follaje (cm)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	6.1500	A*
3	0.60 ml	5.6917	A
2	0.40 ml	5.6833	A
1	Testigo	4.6458	B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 27.78993

Gráfica 3. Medias en la evaluación de la longitud del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.



Peso de la raíz

La evaluación del peso de la raíz de las plantas de chile habanero de acuerdo a la prueba de Tukey, demuestra que los resultados de los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe una diferencia significativa, como se señala en el cuadro 9 y gráfica 4. Según la prueba de Tukey, nos señala que el tratamiento 1 (Testigo) con una media de 0.21667 gr es el que tiene el mayor valor de peso de la raíz, seguido por el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.17083 gr, posteriormente el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.14167 gr, y el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.12917 gr que presentó el menor valor de peso de la raíz.

Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.

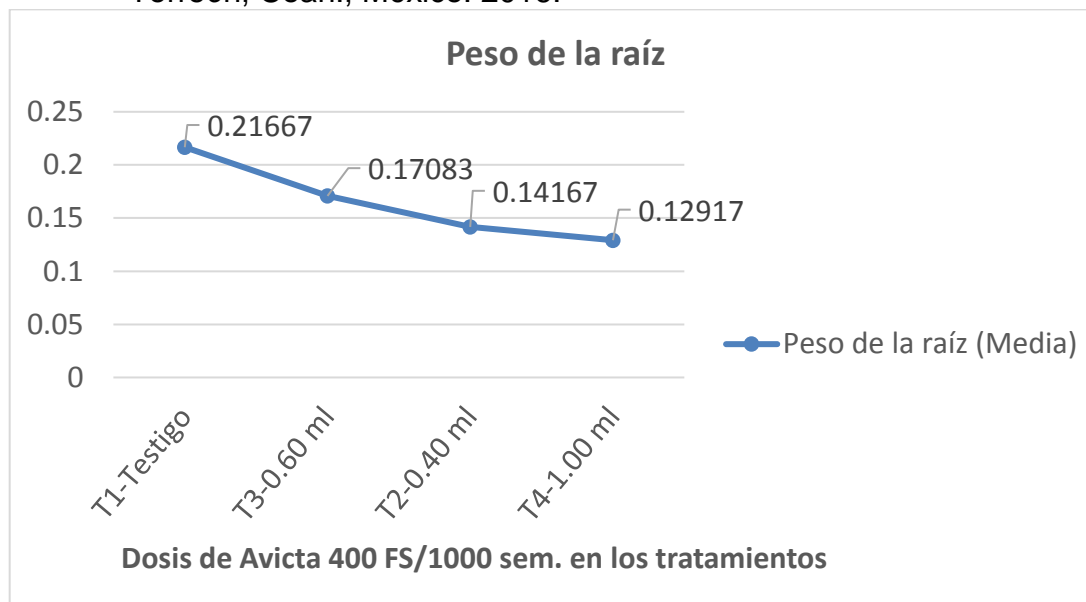
Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Peso de la raíz (gr)	Comparación ($\alpha=0.05$)
1	Testigo	0.21667	A*
3	0.60 ml	0.17083	A
2	0.40 ml	0.14167	A
4	1.00 ml	0.12917	A

PF: Producto formulado

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

C.V.: 107.9443

Gráfica 4. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.



Peso del follaje

De acuerdo a la prueba de Tukey, todos los tratamientos evaluados para el peso del follaje de las plantas de chile habanero son iguales estadísticamente y no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, como lo podemos observar en el cuadro 10 y gráfica 5, sin embargo, numéricamente el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) obtuvo un mayor valor en el peso del follaje con una media de 0.47917 gr, mostrando una diferencia en valor numérico en peso del follaje con respecto al tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.33750 gr, seguido del tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) que obtuvo una media de 0.32500 gr y, el que mostró menor valor numérico en el peso del follaje, el tratamiento 1 (Testigo) con una media de 0.27917 gr.

Cuadro 10. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.

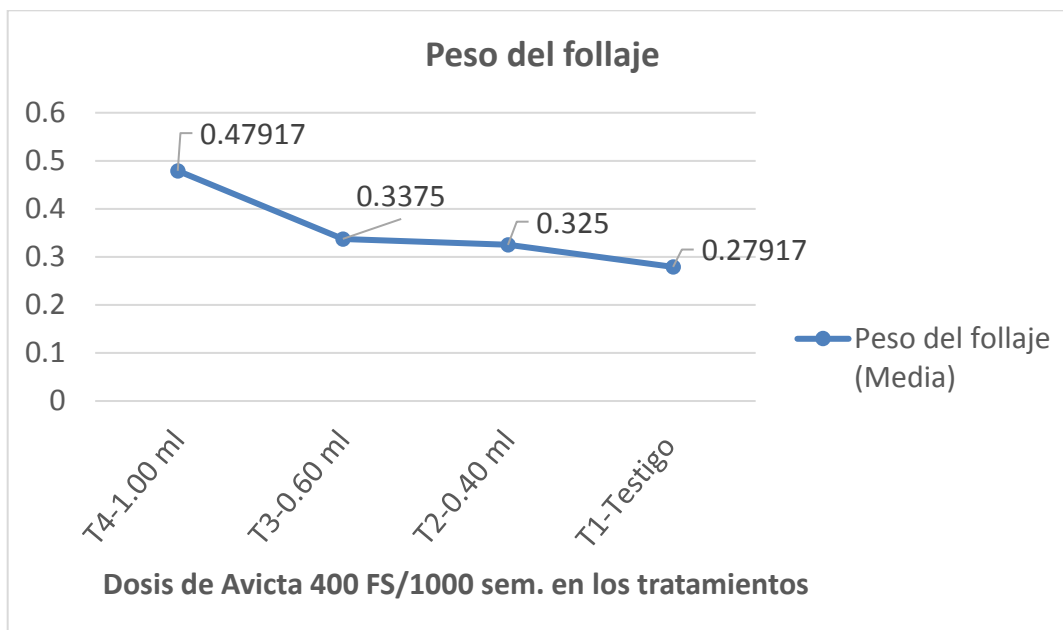
Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Peso del follaje (gr)	Comparación ($\alpha=0.05$)
4	1.00 ml	0.47917	A*
3	0.60 ml	0.33750	A
2	0.40 ml	0.32500	A
1	Testigo	0.27917	A

PF: Producto formulado

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

C.V.: 95.34613

Gráfica 5. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.



Índice de agallamiento radicular

Al evaluar el índice de agallamiento radicular de acuerdo a la prueba de Tukey, a los 30 días después de la siembra, se muestra en el cuadro 11 y gráfica 6 que el tratamiento 2 (0.40 ml/1000 semillas) fue significativamente diferente a los otros tratamientos, con una media de 4.7917 presentando así el mayor valor en el índice de agallamiento radicular, seguido del tratamiento 3 (0.60 ml/1000 semillas) con una media de 3.3750 y tratamiento 1 (Testigo) con una media de 3.1250, que obtuvieron índice de agallamiento estadísticamente iguales, el tratamiento 4 (1.00 ml/1000 semillas) es el que demostró tener el índice de agallamiento más bajo con una media de 2.2500.

De acuerdo a lo anterior, las dosis de 0.40ml y 0.60 ml de PF de Abamectina/1000 semillas de chile habanero, al igual que el Testigo, presentan

mayor índice de agallamiento radicular, siendo la dosis recomendada la del tratamiento 4 (1.00 ml PF/1000 semillas) para obtener un menor índice de agallamiento.

Cuadro 11. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.

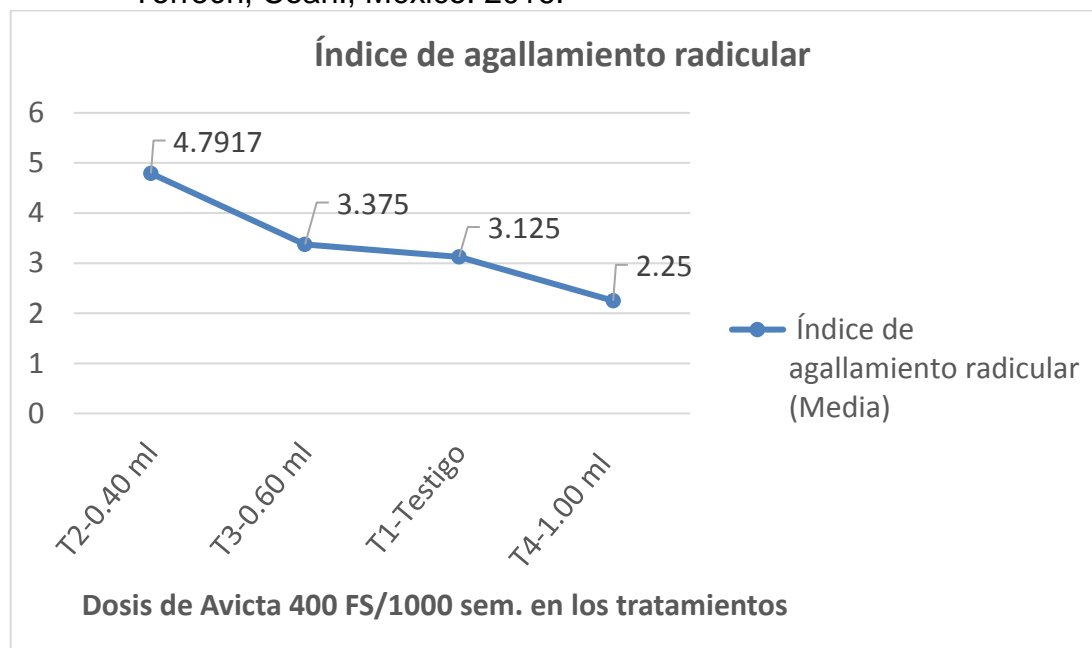
Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas	Índice de agallamiento radicular	Comparación ($\alpha=0.05$)	
2	0.40 ml	4.7917	A*	
3	0.60 ml	3.3750	A	B
1	Testigo	3.1250	A	B
4	1.00 ml	2.2500		B

PF: Producto formulado

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

C.V.: 86.47976

Gráfica 6. 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 chile habanero (*Capsicum chinense*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2016.



Para obtener el índice de agallamiento, se utilizó el sistema propuesto por Barker (1985), que está basado en el índice 1 - 6.

De acuerdo con el sistema de evaluación de grado de agallamiento radicular propuesto por Barker, los diferentes tratamientos obtuvieron a los 30 días después de la emergencia de plantas el mismo índice de agallamiento, pero con diferentes valores numéricos, siendo el grado 2 el índice de agallamiento para todos los tratamientos.

Aún sí, el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con una media de 4.7917, fue el que presentó el mayor número de agallamiento radicular, seguido del tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 3.3750, posteriormente el tratamiento 1 (Testigo) con una media de 3.1250 y, el de menor valor numérico fue el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con una media de 2.2500, siendo ésta la mejor dosis para obtener menos nódulos radiculares.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Las dosis de producto formulado de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de chile habanero, ofrecieron el mayor desarrollo de diámetro de la base del tallo a los 30 dds, la mejor opción entre las tres dosis es la del tratamiento 4, teniendo una media de 2.2583 cm.
2. En la evaluación de los resultados de longitud de la raíz, el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) muestra una diferencia entre los demás tratamientos al tener una media de 9.2792 cm, aunque estadísticamente son iguales con el Testigo, el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) presentó los valores mínimos entre los demás con una media de 7.3375 cm.

3. Las dosis de producto formulado de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de chile habanero ofrecieron la mayor longitud del follaje, pero entre los tres tratamientos destaca el 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) ya que tiene el mayor valor en la media de longitud del follaje con 6.15 cm.
4. El mayor peso de la raíz a los 30 dds se mostró en el tratamiento 1 (Testigo), por lo que las dosis de producto formulado de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de chile habanero no presentan una opción para tener un mayor peso de la raíz.
5. Estadísticamente los resultados obtenidos en medias de las dosis de producto formulado de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas en el peso del follaje son iguales, pero el tratamiento 4 es el que muestra un valor numérico más sobresaliente entre los demás. El Testigo obtuvo los valores mínimos de peso del follaje entre los demás tratamientos.
6. Las 3 dosis evaluadas de Abamectina (Avicta 400 FS), 0.40 ml, 0.60 ml y 1.00 ml de PF/1000 semillas de chile habanero, y el testigo (sin aplicación) presentaron igual índice de agallamiento en el sistema radicular, más sin embargo el tratamiento 4 es recomendable al obtener el valor más bajo en los nódulos radiculares a los 30 dds.
7. Aunque el grado de agallamiento radicular fue semejante en los 4 tratamientos evaluados, los 3 tres tratamientos con Abamectina (Avicta

400 FS), 0.40 ml, 0.60 ml y 1.00 ml de PF/1000 semillas de chile habanero, presentaron un mayor desarrollo en todos los parámetros evaluados y por tanto tendrán una mejor estructura que los conlleve a tener una mayor producción al final de su ciclo.

VI. RECOMENDACIONES

*El tratamiento a semilla con Abamectina (Avicta 400 FS) presenta los siguientes beneficios:

- 1) Se utilizan pequeñas cantidades de i.a por ha, en comparación con otros nematicidas comerciales aplicados al momento de la siembra.
- 2) La aplicación se dirige directamente al patógeno (*Meloidogyne* spp.).
- 3) Reducción en costos al incrementar la eficiencia operacional en comparación con la aplicación de los nematicidas comerciales comunes.
- 4) Se reducen los efectos sobre organismos benéficos.
- 5) Se reducen los riesgos de resistencia del patógeno a los nematicidas.
- 6) Es compatible con otras estrategias de manejo integrado de plagas.

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

*Para tener plantas sanas y vigorosas depende básicamente de una adecuada desinfección del suelo, pues tanto la semilla como la plántula pueden ser atacados por hongos, bacterias, nematodos, insectos y malezas, que pueden afectar sus procesos de germinación, crecimiento y desarrollo, y causar, la mayoría de las veces, graves pérdidas económicas, por ello es recomendable la utilización del tratamiento a semilla con Abamectina (Avicta 400 FS).

*Esta técnica de tratamiento a las semillas, presenta menos riesgos respecto al manejo de agroquímicos, y por ende se tiene una menor contaminación ambiental.

VII. LITERATURA CITADA

- Agrios G., N. 1997. Plant pathology. 4a ed. San Diego: Academic Press. 635p.
- Appleman, L. and D. Hanmer. 2003. Screening for root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) using lettuce. UW-L Journal of Undergraduate Research VI. 3 p.
- 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. In "Advanced Treatise on *Meloidogyne* Volume II" (Eds. K. R. Barker, C. C. Carter and J. N. Sasser). North Carolina State University Graphics. USA. pp. 3-17.
- Bastarrachea F., J. A. 2007. Identificación de enfermedades que atacan al cultivo del Melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera (Ciclo Agrícola, 2006). Tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Torreón, Coah., México. pp. 51.
- Becker, J. O. B. Slaats and D. Hofer. 2004. Cucumber seed coating with abamectin guards against early root damage by root-knot nematodes. [en línea]. <http://apsnet.org/meetings/div/pc03abs.asp>. [fecha de consulta: 09/03/2016].

- 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.
- Biodiversidad Mexicana. 2016. Chile. [en línea] <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/chile.html> [fecha de consulta: 28/02/2016].
- Brust, E. G., W. D. Scout and J. M. Ferris. 2003. Root-knot nematode control in Melons. Department of Entomology. [en línea]. <http://72.14.205.104/search?q=cache:Z9S9Na413kj:www.entm.purdue.edu/Entomology/htm>. [fecha de consulta: 08/03/2016].
- California Melon Research Advisory Board's (CMRAB). 2005. [en línea]. <http://www.epa.gov/oppbppd1/peps/strategies/2005/cmra05.htm>. [fecha de consulta: 09/03/2016].
- Catalán V., E. A.; M. M. Villa C.; M. A. Inzunza I.; I. Sánchez C.; F. Mendoza M. y A. Román L. 2007. Fertilización y riego del cultivo de Chile en la Región Lagunera. INIFAP-CENID-RASPA. Gómez Palacios, Durango. Folleto técnico 9. 27 p.
- Cázares S., E. y J. Duch. 2002. La Diversidad genética de las Variedades Locales de Maíz, Frijol, Calabaza y Chile, y su Relación con Características Culinarias. Pág. 69 *In*: J. L. Chávez J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia.
- Cepeda S., M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D. F. pp. 132-188
- Chacón M., G. 2010. Características Generales de los Nematodos. Biblioteca Agronómica [en línea].

- <http://fitopatologiamanuelchacon.bligoo.es/media/users/19/961833/files/218999/Nematodos.pdf> [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Chan C., N., E. Sauri D., L. Olivera C., I. Rivas B. J. 2011. Evaluación de la calidad en la industrialización del chile habanero (*Capsicum chinense*). Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha. 12 (2): 222-226.
- Chávez S., J. L. y R. Sevilla P. 2006. Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región de Ucayali, Pucallpa, Perú. Bioersivity International, Cali, Colombia. P. 61-76.
- 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]. <http://www.mbao.org/2006/06PowerPoints/MBA0%20PDFs/Preplant/10%20%Biorationals/Becker.pdf>. [fecha de consulta: 08/03/2016].
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). 2011. Plagas y enfermedades del chile en Guanajuato. [en línea]. http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos_11/poster_chile_plagas.pdf . [fecha de consulta: 06/03/2016].
- Creech, R. G., J. N. Jenkins., B. Tang., G. W. Lawrence & J. C. McCarty. 1995. Cotton resistance to root-knot nematode: I. Penetration and reproduction. *Crop Science*, 35:365-368.
- Davis R., F. 2007. Effect of *Meloidogyne incognita* on watermelon yield. Agricultural Research Services Crop Protection and Management Research Unit. Tifton, GA. [en línea]. http://broker10.fcla.edu/DLDate/SN/SN00995444/0037_002/287-294.pdf [fecha de consulta: 22/05/2015].
- Driver, J. G., and F. L. Louws. 2006. Effects of seed treatment to manage nematodes as an alternative to methyl bromide on cantaloupe. Department of Plant Pathology. North Carolina State University. Raleigh, N. C. [en línea].

- <http://mbao.org/2006/06PowerPoints/MBAO%20PDFs/Preplant/10%20%20Biorationals/Driver.pdf>. [fecha de consulta: 08/03/2016].
- El Financiero. 2016. Chile mexicano enfrenta competencia del mundo. [en línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/chile-mexicano-enfrenta-competencia-del-mundo.html> [fecha de consulta: 22/02/2016].
- El Siglo de Torreón. 2016. Resumen Económico y Compendio Noticioso 2015. Torreón, Coahuila. p. 24.
- Equipo de Consultoría para la Agricultura Orgánica (ECAO). 2002. Manual de producción de chile habanero ecológico. Petén. Guatemala. 20p.
- Faske, T. R. and J. L. Starr. 2006. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. INIST-CNRS. [en línea]. <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=18114435.htm> [fecha de consulta 22/05/2015].
- FND (Financiera Nacional de Desarrollo). 2014. Panorama del Chile. SHCP. Dirección Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis, Sectorial y Tecnología de la Información. Financiera nacional de Desarrollo. Agropecuario, Rural, Forestal y pesquero. 2p.
- 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: 25/02/2016].
- Galindo G., G.; C. López M.; B. Cabañas C.; H. Pérez T. y M. Robles M. 2002. Caracterización de productores de Chile en el altiplano. Folleto científico No. 5 INIFAP-campo experimental. 102 páginas.
- Goldberg, N. P., 2001. Chile Pepper Diseases. New Mexico State University. Circular 549. [en línea]. http://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/circ549.html [fecha de consulta: 28/02/2016].

- 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. Istituto di Nematologia Agraria. Bari, Italia. [en línea]. <http://miniagric.gr/greek/data/files2251/GRECO1.DOC>. [fecha de consulta: 09/03/2016].
- Guzmán A., A.; L. Borges G.; L. Pinzón L.; E. Ruíz S.; J. Zúñiga A. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana*. 23 (2): 247 – 252.
- Guzmán G., B. 2007. Identificación de las especies de *Meloidogyne* spp. Que infectan melón, chile y tomate en La Comarca Lagunera mediante observación de las características morfológicas. Tesis Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. UAAAN-UL. Torreón, Coah. pp. 1-37.
- Hallmann, J. K., G. Davis and R. Sikora. 2007. Biological Control Using Microbial Pathogens, Endophytes and Antagonists. Julius Kühn Institute. Rothamsted Research. University of Bonn. [en línea]. <http://books.google.com.mx/books?id=ACmHXeF8SHQC&pg=PA388&dq=Aba+mectin+as+vegetables+seed+treatment+to+control+root+knot+nem>. [fecha de consulta: 12/01/16].
- Isidro G., P. 2011. Manejo Integrado de *Meloidogyne* en tomate. Laboratorio de Nematología. Estación Experimental Agropecuaria. [en línea]. <http://inta.gov.ar/documentos/manejo-integrado-de-meloidogyne-en-tomate>. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Jenkins, W. R., and D. P. Taylor. 1967. Plant Nematology Reinhold Publishing Comparison. New York – Amsterdam – London. Pp. 102-105.

- Karszen G. and M. Moens. 2006. Root-knot nematodes. (In Perry R. N. & Moens M., eds. Plant nematology. Wallingford: CAB International. P. 59-90).
- 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: 06/03/2016].
- Klix M., P. Pedersen, D. Long and C. Watrin. 2010. AVICTA® COMPLETE CORN – A COMPREHENSIVE, EFFECTIVE CORN SEED TREATMENT PROGRAM. Syngenta. [en línea] www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3380485. [fecha de consulta: 18/02/2016].
- Laborde C., J. A., y C. Pozo O. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Publicación Especial N° 85, México. 80 p.
- Lasota, J. A., and R. A. Dybas. 1991. Avermectins, a novel class of compounds: Implications for use in arthropod pest control. In: Anun. Rev. Entomol. 36: 91-117.
- Long T., J. 2011. El Capsicum a Través de la Historia Mexicana. [en línea]. Conaculta-Inah-México. 19p. www.fundacionherdez.com.mx/pageFlip/EIChile_01.pdf [fecha de consulta: 25/05/2016].
- López L., P.; H. Castro G. 2007. La diversidad genética del chile (*Capsicum spp*). INIFAP-CRUSO. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Libro técnico Núm. 1. Oaxaca, México. 36 p.
- López P., G.; A. Canto F., y N. Santana B. 2009. El reto biotecnológico del chile habanero. Ciencia. P. 30.
- Lujan F., G. 2010. El chile jalapeño en el campo mexicano. [en línea]. <http://sites.securemgr.com/floder11341/index.cfm?id902669&fuseaction=browse&pageis=45> . [fecha de consulta: 05/03/2016].

- 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.
- Maluf, W. R., S. M. Acevedo., L. A. Gómez and A. C. Barneche. 2008. Inheritance of resistance to the Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. [en línea]. www.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v14n2/artigo09.pdf. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Maroto B. J., V. 2002. Horticultura herbácea especial. Mundi-prensa. 5ta edición. Madrid, Barcelona. Pp. 456-465.
- McMurchie, J. 2010. The effect of nematodes on peppers. HowScientologyOrganization. [en línea]. http://www.ehow.com/facts_7167749_effect-nematodes-peppers-html. [fecha de consulta: 16/05/2015].
- Medina M., T. 2010. Manejo Integral del Chile Piquín. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciencia UAT. Vol 17 (3) 2010:28-29.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG): dirección General de Investigación y extensión agrícola. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José Costa Rica.
- Moens, M. N., P. Perry and J. L. Starr. 2009. *Meloidogyne* species – a diverse group of novel and important plant parasites. (In Perry, N.P., Moens, M. & Starr, J.L., eds. Root-knot nematodes. Wallingford: CABI. p. 1-17.).
- Morán B., S. H.; H. Aguilar R, V.; T. Corona T.; F. Castillo G.; M. Soto H. R.; San Miguel C. R. 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México Agrociencia, 42 (7):807-816.
- 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.1004.

- Ochoa A., N. 2005. Usos y propiedades del chile habanero *In* H.P. Torres C. C. Franco (eds). Seminario de chile habanero. Fundación Produce Yucatán A.C. Memoria. México. 2 p.
- Pacheco M., J. A. 2005. Proceso de producción de chile habanero en salsa, a desarrollarse en el departamento del Petén. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial,
- Perry D. A. 1972. Seed vigour and field establishment. *Horticultural Abstracts*. 42:334-342.
- 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: 09/03/2016].
- Robinson A., F. 2008. Nematode management in cotton. (*In* Ciancio, A. & Mukerji, K.G., eds. Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. *Springerverlag*, 149-182.)
- Romero F., E. 1998. Invernaderos para la producción de hortalizas y flores. CENID-RASPA. INIFAP. Folleto Técnico N° 2. Gómez Palacio, Durango, México.
- Sánchez B., F. y E. Favela Ch. 2000. Construcción y Manejo de Invernadero Manual. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 45 p.
- Santiago G., J. C. 2006. Manejo Integrado de Nematodos Fitoparásitos cosmopolitas (Gemmar) En el cultivo de plátano. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayaguez. [en línea]. <http://grad.uprm.edu/tesis/santiagogonzalez.pdf>. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y alimentación (SAGARPA). 2010. Plan Rector del Sistema Producto Chile. [en línea]. <http://www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/TAMAULIPAS/PREchile.pdf>. [fecha de consulta: 06/03/2016].

- Serrano Z. 1983. Invernaderos. Instalación y manejo. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Shepherd, R. L., and G. M. Huck. 1989. Progression of root-knot nematode symptoms and infection on resistant and susceptible cottons. *Journal of Nematology*, 21:235-241. 122.
- SIAP-SAGARPA. 2013. Anuario Estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2009. México.
- Sijmons, P. C., H. J. Atkinson and U. Wyss. 1994. Parasitic strategies of root-knot nematodes and associated host cell responses. *Annual Reviews of Phytopathology*, 32:235-259.
- 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.
- Surh, Y. J. 2002. More than spice: capsaicin in hot chili peppers makes tumor cells commit suicide. *J. Nat. Cancer Inst.* 94:1263-1265.
- Surh, Y. J. and S. S. Lee. 1995. Capsaicin in hot chili pepper: Carcinogen, co-carcinogen or anticarcinogen? *Food Chem. Toxicol.* 34:313-316. SIAP. SAGARPA (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. México es primer lugar en la producción de chile verde. [en línea]. www.siap.gob.mx/producción-chile-verde/ [fecha de consulta: 21/05/2016].
- 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.

- Trujillo A., J. 2001. Descripción varietal del chile habanero (*Capsicum chinense* J.). Seminario de Chile Habanero. Memorias. Fundación Produce Yucatán, SAGARPA, INIFAB. Mérida Yucatán. 10-16 p.
- Tun D., C. 2001. Características y tecnología de producción del chile habanero. SAGARPA. INIFAP-PRODUCE. Mérida, Yucatán, México. 74 p.
- University of Arizona (UA). 2010. Diseases of watermelon (*Citrullus lanatus*) in Arizona. University of Arizona. [en línea]. <http://ag.arizona.edu/plp/plptext/diseases/vegetables/watermelon/watermelonma.html>. [fecha de consulta: 10/03/2016].
- University of California Davis (UCD). 2006. *Meloidogyne incognita*, Taxonomy, Common Name, Disease. (UCD). [en línea]. <http://ucdnema.ucdavis.edu/imagemap/nemmap/ENT156HTML/nemas/meloidogyneincognita>. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- University of California Davis. (UCD). 2007. “Resistance – breaking” nematodes identified in California tomatoes. (UCD). [en línea]. <http://californiaagriculture.ucanr.org/landingpage.cfm?article=ca.v050n06p188&fulltext=yes>. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- University of Florida and Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS). 2008. Management Integrated of Nematode. (UF/IFAS). [en línea]. http://www2.ctahr.hawaii.edu/adap/ASCC_LandGrant/Dr_Brooks/BrouchureNo9.pdf. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Valadéz L., A. 1998. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa, S.A. de C.V.U.T.H.E.A. Noriega Editores, México.
- Ware G. W., and D.M. Whitacre. June 2004. Radcliffe’s IPM World Textbook. An Introduction to Insecticides. 4th Edition. University of Minnesota. [en línea]. <http://ipmworld.umn.edu/Cancelado/spchapters/w&winseetSP.htm>. [fecha de consulta: 05/03/2016].