

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



“Eficacia de nematocidas biológicos para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en *Solanum lycopersicum* L., bajo condiciones de macrotúnel”

POR

Luis Pablo Mendoza Arias

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO.

TORREÓN, COAHUILA.

DICIEMBRE DE 2019

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

"Eficacia de nematocidas biológicos para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en *Solanum lycopersicum* L., bajo condiciones de macrotúnel"

POR:

Luis Pablo Mendoza Arias

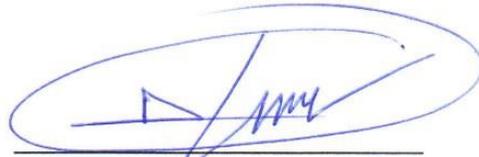
TESIS

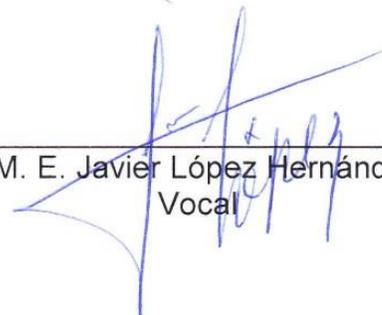
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

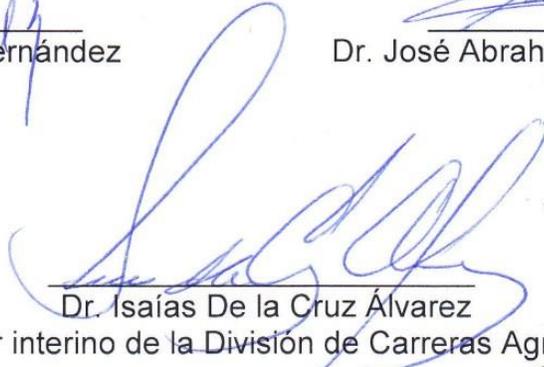
Aprobada por:


Ing. José Alonso Escobedo
Presidente


Dr. Alfredo Ogaz
Vocal


M. E. Javier López Hernández
Vocal


Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Vocal suplente


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2019.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

“Eficacia de nematocidas biológicos para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en *Solanum lycopersicum* L., bajo condiciones de macrotúnel”

POR:

Luis Pablo Mendoza Arias

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

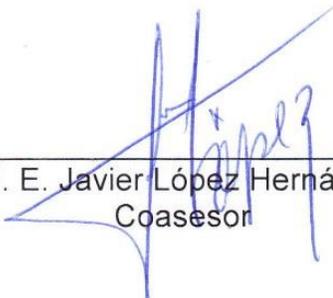
Aprobada por:



Ing. José Alonso Escobedo
Asesor principal



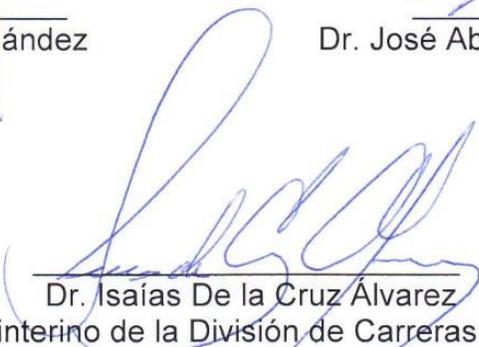
Dr. Alfredo Ogaz
Coasesor



M. E. Javier López Hernández
Coasesor



Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Coasesor



Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México.
Diciembre 2019.



AGRADECIMIENTOS

A DIOS, Gracias por prestarme la vida, por darme la oportunidad de culminar con éxito mi carrera, gracias por darme una familia tan maravillosa a la cual quiero y amo mucho, por guiarme por el camino correcto.

A mi **Alma Terra mater** por darme la oportunidad de formarme como Ing. Agrónomo Parasitólogo, por ser mi segunda casa y brindarme infinidad de apoyos.

A mis **padres** Sra. Rocío Arias Méndez, y Sr. Alberto Mendoza Nava, por brindarme su apoyo incondicional, por haberme guiado en los buenos y malos momentos para terminar mi carrera.

A mi **abuelo** (†) Sr. Alberto Mendoza Arizmendi, por brindarme su apoyo incondicional, tuvimos tantos años juntos, infinidad de recuerdos y experiencias en cada paso de mi vida, por el gran amor y cariño que me brindo durante su existencia, gracias.

Al **Ing. José Alonso Escobedo**, quiero agradecer infinitamente todo su apoyo brindado durante gran parte de mi carrera, por transmitirme su motivación y conocimiento.

A mis **asesores**, Dr. Alfredo Ogaz, Dr. José Abraham Obrador Sánchez, M.E. Javier López Hernández, por brindarme su apoyo durante el desarrollo de mi trabajo de tesis y otorgarme las bases para realizar un trabajo de calidad.

A la **Ing.** Gabriela Muñoz Dávila, por su apoyo brindado en el laboratorio de parasitología la UAAAN-UL.

A la **C.** Graciela Armijo Yerena, por la atención y amabilidad brindada durante el proceso de elaboración de tesis.

A los **maestros**, Dr. José Abraham Obrador Sánchez, M.E. Javier López Hernández, Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, Dr. Ma. Teresa Valdés Perezgasga, por brindarme su conocimiento y experiencias para poder llegar a obtener un título profesional.

DEDICATORIA

A mis **padres** Sra. Rocío Arias Méndez, y Sr. Alberto Mendoza Nava, por brindarme su apoyo incondicional, por haberme guiado en los buenos y malos momentos para terminar mi carrera.

A mi **abuelo** (†) Sr. Alberto Mendoza Arizmendi, por brindarme su apoyo incondicional, tuvimos tantos años juntos, infinidad de recuerdos y experiencias en cada paso de mi vida, por el gran amor y cariño que me brindo durante su existencia, gracias.

A mi **hermana**, Wendy Guadalupe Mendoza Arias, esperando que este esfuerzo represente un ejemplo para ella.

A **personas valiosas**, (Yareli Estefanía Hernández Paulino), Alexis Gabriel Pivaral Chávez, Luis Ángel Elizarraraz Cruz, por estar en los momentos más importantes en mi vida.

A mis **familiares**, Sra. Antonia Nava Montero, Sra. Eustoli Méndez Albarrán, Sr. Juan Arias Dávila, Adriana Mendoza Rodríguez, Sr. Carlos Mendoza Nava, Sra. Blanca Elena Rodríguez Trujillo.

A mis **amigos**, Enrique Nicio Ventura, José Alex Jiménez Cruz, Mauricio Cano Sandoval, Ing. Uriel Pérez Lara, Victorio Marcelino Cecilio, David Carmona Luna, que estuvieron conmigo durante este tiempo en la Universidad.

RESUMEN

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en macrotúnel en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), durante el ciclo Otoño – Invierno del año 2018, consistiendo en la evaluación de los siguientes productos: *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180 en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, en comparación con un testigo sin aplicación, para evaluar el vigor de las plantas como son: diámetro de la base del tallo, longitud y peso de la raíz, longitud y peso del follaje e índice de agallamiento por ataques de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, a los 40 días después de la emergencia.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar conformado por 4 tratamientos y 4 repeticiones; cada unidad experimental consistió de 6 macetas con una capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por cada tratamiento, teniendo así un total de 96 macetas.

Los resultados de la evaluación con la comparación de medias en la prueba de Tukey demostró lo siguiente: En la evaluación del diámetro de la base del tallo se mostró que en los tratamientos *Paecilomyces lilacinus* obtuvo una media de 3.25 cm y Abaneem 180 con 3.07 cm, resultaron estadísticamente iguales, mientras que los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* y testigo sin aplicación, resultaron semejantes con un valor de diámetro del tallo de 2.54 y 2.13 respectivamente. La evaluación de longitud de la raíz, demostró que los tratamientos de *Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis* y Abaneem 180, resultaron estadísticamente iguales con 15.96 cm, 14.92 cm y 14.68 cm de longitud de raíz respectivamente, mientras que el testigo sin aplicación presentó una media de 14.21 cm de longitud de raíz. La evaluación de la longitud del follaje señala que los tratamientos que resultaron estadísticamente iguales con mayor longitud de follaje fueron los tratamientos de Abaneem 180 con 36.12 cm, *Paecilomyces lilacinus* con una media de 36.04 cm y el *Bacillus thuringiensis* con una media de 35.33 cm, mientras que testigo sin aplicación presentó una diferencia significativa

con una media de 28.08 de longitud en su follaje. La evaluación del peso de la raíz muestra que los tratamientos que resultaron con una significancia estadísticamente semejante fueron: *Paecilomyces lilacinus* presentando una media de 1.21 g, Abaneem 180 con una media de 1.15 g y *Bacillus thuringiensis* con 1.10g y el tratamiento de menor valor fue el testigo sin aplicación con una media de 0.85 g. La evaluación del peso de follaje señala que de los tratamientos que presentan un valor estadísticamente igual fueron Abaneem 180 con una media de 11.16 g, *Paecilomyces lilacinus* con una media de 11.00 g y *Bacillus thuringiensis* con una menor media de 10.08 g y posteriormente presentó diferencia con el Testigo sin aplicación con una menor media de 7.29 g de peso de follaje. En la evaluación del índice de agallamiento radicular se señala que el de mayor significancia estadísticamente hablando, fue el tratamiento Testigo sin aplicación, con una media de índice de agallamiento radicular de 36.41, mientras que el resto de los tratamientos resultaron con valores estadísticamente iguales, entre los cuales *Paecilomyces lilacinus* presentó una media de índice de agallamiento de 2.95, seguido por Abaneem 180 con 2.54 de índice de agallamiento y posteriormente *Bacillus thuringiensis* con una media de 2.25.

Palabras Clave: *Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem, Nematodos, Índice de agallamiento.

ÍNDICE	
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Hipótesis	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Origen.....	5
2.2 Clasificación taxonómica	5
2.3 Características morfológicas del tomate	6
2.3.1 Semilla	6
2.3.2 Raíz.....	6
2.3.3 Tallo	6
2.3.4 Hoja.....	7
2.3.5 Flor	7
2.3.6 Fruto.....	7
2.4 Distribución geográfica	8
2.5 Variedades o especies cultivadas.....	8
2.6 Valor nutricional y usos.....	8
2.7 Producción de tomate en el mundo	10
2.8 Producción de tomate en México.....	11
2.9 Importancia del cultivo del tomate en México	11
2.10 Importancia del cultivo del tomate en la Laguna	12
2.11 Consumo.....	12
2.12 Comercialización	12
2.13 Manejo del cultivo.....	13
2.13.1 Temperatura	13
2.13.2 Humedad.....	13
2.13.3 Suelos.....	13

2.13.4 Riego	14
2.13.5 Nutrición	14
2.14 Problemas fitosanitarios del tomate	15
2.14.1 La mosca blanca <i>Bemisia argentifolii</i> (Bellows & Perring).....	15
2.14.2 Pulgones (<i>Aphis gossypii</i> Glover)	16
2.14.3 Minador de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>).....	16
2.14.4 Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>).....	17
2.14.5 Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)	17
2.15 Principales enfermedades del tomate causadas por hongos	18
2.15.1 Ahogamiento o Damping off (<i>Pythium</i> spp.).....	18
2.15.2 Cenicilla polvorienta (<i>Erysiphe cichoracearum</i> D.C.)	19
2.15.3 Marchitez vascular (<i>Fusarium oxysporum</i>)	19
2.16 Enfermedades causadas por virus	20
2.16.1 Virus del rizado amarillo del tomate	20
2.16.2 Virus del mosaico del pepino (CMV)	20
2.17 Enfermedades causadas por nematodos	20
2.17.1 Los Nematodos	20
2.17.2 Origen e importancia de los nematodos	21
2.17.3 Historia de los nematodos	21
2.17.4 Principales géneros de nematodos	22
2.17.5 <i>Pratylenchus</i> spp. (Nematodo lesionado)	22
2.17.6 <i>Rotylenchulus reniformis</i> (Nematodo reniforme)	23
2.17.7 <i>Meloidogyne</i> spp. (Nematodo nodulador)	23
2.17.8 Nematodos agalladores	23
2.17.9 Ubicación taxonómica	24
2.17.10 Características anatómicas y morfológicas.....	25
2.17.11 Ciclo de vida.....	27
2.17.12 Distribución mundial de las especies del género <i>Meloidogyne</i>	27
2.17.13 Hospedantes	28
2.17.14 Síntomas de daño por especies del género <i>Meloidogyne</i>	28
2.17.15 Índice de agallamiento	30
2.18 Manejo Integrado de Nematodos (MIN)	31

2.18.1 Control cultural	31
2.18.2 Barbecho	32
2.18.3 Inundación	32
2.18.4 Solarización	32
2.18.5 Rotación de cultivos	33
2.18.6 Variedades resistentes	33
2.18.7 Control biológico	33
2.18.8 Control químico	34
2.19 Nematicidas biológicos utilizados en este estudio	35
2.19.1 <i>Paecilomyces lilacinus</i>	35
2.19.2 <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH)	36
2.19.3 <i>Bacillus thuringiensis</i>	36
2.19.4 <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (DIPEL DF®)	36
2.19.5 Abamectina	37
2.19.6 Neem	37
2.19.7 Abaneem (Abamectina + Neem)	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera	39
3.2 Características del clima	39
3.3 Localización del experimento	39
3.4 Variedad utilizada	40
3.5 Diseño experimental	40
3.6 Muestreo de suelo	41
3.7 Siembra	41
3.8 Tratamientos	44
3.9 Emergencia	44
3.10 Riego	44
3.11 Luz artificial	44
3.12 Labores culturales	45
3.13 Fechas de aplicaciones	46
3.14 Control de plagas y enfermedades	47
3.15 Registro de datos	47

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1 Vigor de las plantas	49
4.2 Diámetro de la base del tallo	49
4.3 Longitud de raíz	51
4.4 Longitud de follaje	52
4.5 Peso de raíz	54
4.6 Peso del follaje	55
4.7 Índice de agallamiento	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
VI. LITERATURA CITADA	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutrimental del tomate.	9
Cuadro 2. Producción mundial de tomate los últimos 10 años.	10
Cuadro 3. Principales países productores.	11
Cuadro 4. Programa de fertilización en el ciclo del cultivo del tomate.	15
Cuadro 5. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar (Testigo), <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH), <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180, aplicados para control del nematodo agallador (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2018.	41
Cuadro 6. Tratamientos y dosis a evaluar en plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) para el control del nematodo agallador de la raíz (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2018.	42
Cuadro 7. Aplicaciones de los productos formulados <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH), <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180...46	
Cuadro 8. Comparación de medidas en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	50
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación de longitud de raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México., 2018.	51
Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	53
Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	54

Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.56

Cuadro 13. Comparación de medias en la evaluación del Índice de agallamiento radicular con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN- UL Torreón, Coah., México. 2018.57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macetas con suelo para realizar el experimento.	40
Figura 2. Productos utilizados en el experimento.....	43
Figura 3. Siembra del cultivo de tomate.....	43
Figura 4. Remoción del suelo.	45
Figura 5. Aplicación de los productos a los tratamientos.	46
Figura 6. Toma de datos.....	48
Figura 7. Medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	50
Figura 8. Medias en la evaluación de longitud de raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	52
Figura 9. Medias en la evaluación de longitud de follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México.....	53
Figura 10. Medias en la evaluación del peso de raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	55
Figura 11. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	56
Figura 12. Medias del índice de agallamiento radicular, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	58

I. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista económico, el tomate es una de las especies hortícolas más importantes de México, debido al valor de su producción y la demanda de mano de obra que genera, además es el principal producto hortícola de exportación (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

El cultivo del tomate rojo es de suma importancia por su contribución en el valor de la producción agrícola primaria en México. De acuerdo con información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción de tomate rojo en México creció a una tasa promedio anual de 4.8 por ciento entre 2006 y 2016, para ubicarse en un volumen máximo histórico de 3.3 millones de toneladas (Panorama Agroalimentario, 2017).

En los últimos años, el consumo de hortalizas ha aumentado principalmente por el cambio en el hábito de consumo, privilegiándose productos frescos y naturales que sean fáciles de preparar y consumir como son los jugos, ensaladas picadas y mezcladas (Rosas, 2011).

Las plagas y enfermedades de las plantas afectan a los cultivos alimentarios, lo que causa pérdidas significativas a los agricultores y amenaza la seguridad alimentaria. La propagación de las plagas y enfermedades de las plantas ha aumentado drásticamente en los últimos años. La globalización, el comercio y el

cambio climático, así como la menor capacidad de recuperación de los sistemas de producción debido a la intensificación de la agricultura durante años (FAO, 2019).

Los nematodos parasitarios de las plantas, se encuentran entre las enfermedades más extendidas en las últimas dos décadas que atraen la atención de los investigadores, especialmente en el campo de la protección de las plantas. Existen miles de géneros y especies de nematodos parásitos vegetales, que causan daños en calidad y cantidad de rendimientos en cultivos variados; Además, aumentan los costos de producción (Khalil, 2013).

Varios patógenos virales, bacterianos, fúngicos y de nematodos atacan al tomate y causan enfermedades de consecuencias económicas. Los nematodos de las raíces (especies de *Meloidogyne*), los nematodos reniformes (*Rotylenchulus reniformis*), los nematodos del quiste (*Globodera rostochiensis*) y varios nematodos ectoparásitos son conocidos por atacar al tomate en muchas partes diferentes del mundo (Taylor, 1978).

Por lo tanto, la mayor parte de las investigaciones se refieren a los nematodos de nódulos de la raíz, que son los más importantes y responsables de al menos el 90% de todos los daños causados por los nematodos, así como, causando una pérdida anual a los cultivos de todo el mundo que asciende a la cantidad de 118 billones de dólares (Castagnone, 2002).

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).

1.1 Objetivo

Evaluar la eficacia de nematicidas aplicados al sistema radicular en cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*, para el control del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.

1.2 Hipótesis

La aplicación de nematicidas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) evitara el daño a raíces por la penetración de formas infectivas J2 del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, bajo las condiciones de macrotúnel.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen

El tomate es una planta originaria de Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba solo como planta de adorno. A partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. El tomate se cultiva en las zonas templadas y cálidas (Von Haeff, 1983).

El centro de domesticación del tomate ha sido controvertido; sin embargo, se cree que el origen de su domesticación es México, porque existe mayor similitud entre los cultivares europeos y los silvestres de México que con los de la zona andina. A la llegada de los españoles a América el tomate estaba integrado a la cultura azteca. Además, el nombre moderno tiene su origen en la lengua náhuatl de México donde se le llamaba "tomatl" (Esquinas y Nuez, 2001).

2.2 Clasificación taxonómica

Según Nuez (1995), la taxonomía mayormente aceptada es la siguiente:

Reino: Plantae

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

Nombre científico: *Solanum lycopersicum* L.

Nombres comunes: Jitomate, Tomate

2.3 Características morfológicas del tomate

2.3.1 Semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Bewley y Black, 1982).

2.3.2 Raíz

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias (Picken *et al.*, 1986).

Consta de una raíz principal y gran cantidad de ramificaciones secundarias. En los primeros 20 cm de la capa de suelo se concentra el 70% de la biomasa radical (Muñoz, 2009).

2.3.3 Tallo

El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras que las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo (Picken *et al.*, 1986).

En su base, sobre el cual se desarrollan hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura de afuera hacia adentro, consta de: epidermis, de la cual parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o córtex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular, y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Infoagro, 1999).

2.3.4 Hoja

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Unas hojas típicas de las plantas cultivadas tienen unos 0.5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez ser compuestos (Picken *et al.*, 1986).

2.3.5 Flor

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario bi o plurilocular. Las flores, en número variable, se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso (García, 2009).

2.3.6 Fruto

El fruto de tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El

fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión (Garcia, 2009).

2.4 Distribución geográfica

Los tomates están en la lista de las hortalizas más consumidas del mundo. En 2016, se cultivaron 177 millones de toneladas de tomates en todo el planeta, lo que significó que la producción fue casi un 30% mayor que diez años antes. Aproximadamente, se han plantado 5 millones de hectáreas de tomates en todo el mundo y de media, se cosechan 3,7 kilos de tomates por metro cuadrado. Los principales productores son China y la India (Chilealimentos, 2018).

2.5 Variedades o especies cultivadas

El cultivo de los frutos comestibles del tomate actualmente se encuentra extendido alrededor del mundo, con miles de cultivares que seleccionan una amplia variedad de especies (Inforural, 2012).

2.6 Valor nutricional y usos

El tomate, es una especie de la familia de las solanáceas originaria de América y cultivada en todo el mundo se consume tanto fresco como procesado de diferentes modos, ya sea como salsa, puré, jugo (zumo), deshidratado o enlatado (Inforural, 2012).

Su riqueza en licopeno le hace un producto muy útil para la salud, ya que este antioxidante es muy eficaz contra los problemas del cáncer que causan los radicales libres, hallándose incluso en sus derivados como la salsa de tomate. El consumo de tomate puede aportar alrededor del 40 por ciento de nuestras necesidades diarias de vitamina C, un antioxidante natural que actúa contra el cáncer que causan los radicales libres. Contiene vitamina A y abundante potasio, así como hierro. El potasio juega un papel vital en el mantenimiento de la salud del nervio y el hierro es esencial para mantener la salud de la sangre. La vitamina K, que es esencial en la coagulación de la sangre y controla el sangrado es abundante en los tomates (Hortoinfo, 2017).

Cuadro 1. Composición nutrimental del tomate.

Composición de los tomates por cada 100 gramos		
	Maduro fresco	Zumo natural
Agua	93,76 gr	93,9 gr
Energía	21 Kcal	17 Kcal
Grasa	0,33 gr	0,06 gr
Proteína	0,85 gr	0,76 gr
Hid. De carbono	4,64 gr	4,23 gr
Fibra	1,1 gr	0,4 gr
Potasio	223 mg	220 mg
Fosforo	24 mg	19 mg
Magnesio	11 mg	11 mg
Calcio	5 mg	9 mg
Vitamina C	19 mg	18,3 mg
Vitamina A	623 IU	556 IU
Vitamina E	0,38 mg	0,91 mg

(Hortoinfo, 2017).

2.7 Producción de Tomate en el mundo

La producción mundial de tomate ha sido en 2016, según los datos de la FAO, de 177.042 millones de kilos. China es el mayor productor mundial con 56.308 millones de kilos, el 31, 8 por ciento del total mundial. Le siguen India con 18.399 millones de kilos, Estados Unidos con 13.038, Turquía con 12.600 y Egipto con 7.943 millones de kilos. La producción española ha sido de 4.671 millones de kilos, la de México de 4.047, la de Marruecos de 1.231, mientras que Holanda produjo en 2016, según la FAO, 900 millones de kilos de tomate (Hortoinfo, 2017).

Cuadro 2. Producción mundial de tomate los últimos 10 años.

Producción mundial de tomate últimos 10 años. Toneladas	
2007	13,155,366
2008	141,595,035
2009	155,245,862
2010	153,240,438
2011	159,440,489
2012	163,355,685
2013	164,972,148
2014	172,499,120
2015	174,122,499
2016	177,042,359

(Hortoinfo, 2017).

Cuadro 3. Principales países productores.

Principales países productores			
	Toneladas	Hectáreas	Kilos/m2
China	56,308,914	999,312	5,63
India	18,399,000	760,000	2,42
EE.UU	13,038,410	144,410	9,03
Turquía	12,600,000	188,270	6,69
Egipto	7,943,285	199,712	3,98
Italia	6,437,572	103,940	6,19
Irán	6372,633	159,123	4,00
España	4,671,807	54,203	8,62
Brasil	4,167,629	63,980	6,51
México	4,047,171	93,376	4,33
Rusia	2,986,209	118,451	2,52

(Hortoinfo, 2017).

2.8 Producción de Tomate en México

En México el tomate es la hortaliza que ocupa el primer lugar en términos del valor de la producción. Es el segundo producto más cultivado después del chile y es uno de los productos agrícolas que genera más divisas al país. La mayor parte de la producción de tomate se concentró en cinco entidades: Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco y Zacatecas (Carreón, 2019).

2.9 Importancia del cultivo del tomate en México

En México, el cultivo de tomate cobra relevancia económica y social generando empleos, los sistemas de producción se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituyen el medio en que se desarrollaran las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

2.10 Importancia del cultivo del tomate en la Laguna

La delegación de tomate SAGARPA en la Región Lagunera, registró en el año 2018 una superficie de 857 hectáreas, con una producción de 108,795 toneladas y con un valor de producción de \$740, 981, 414 (El Siglo de Torreón, 2018).

2.11 Consumo

Durante 2017, el consumo nacional aparente de tomate rojo se ubicó en un máximo histórico de 1.74 millones de toneladas, volumen que representó el 52.1 por ciento de la producción nacional. Las variaciones en el consumo nacional aparente de tomate dependen de las fluctuaciones de la producción, así como del nivel de las exportaciones. Por otra parte, el consumo per cápita anual de tomate en México se ubica en alrededor de 15 kilogramos por año, volumen que es inferior al consumo per cápita promedio mundial, de 18 kilogramos (FIRA, 2017).

2.12 Comercialización

Entre 2005 y 2017, las exportaciones mundiales crecieron a una tasa promedio anual de 3.8 por ciento. En este rubro destacan México y Holanda, que participaron en 2017 con 20.9 y 15.1 por ciento del volumen mundial exportado, respectivamente. Las exportaciones de estos países crecieron a tasa promedio anuales de 5.6 y 3.5 por ciento (FIRA, 2017).

2.13 Manejo del cultivo

2.13.1 Temperatura

Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, el tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. Su rusticidad asociada a nuevas variedades permite el cultivo en condiciones adversas. No obstante, el tomate es una especie de estación cálida y su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C. Por ello, el cultivo al aire libre se realiza en climas templados (Torres, 2017).

2.13.2 Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre 60-80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Infoagro, 2016).

2.13.3 Suelos

La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad. En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se

desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos (Torres, 2017).

2.13.4 Riego

La planta de tomate es relativamente resistente a la sequía. Sin embargo, un manejo apropiado es esencial para asegurar altos rendimientos y calidad de las cosechas. Los requerimientos de agua de tomates en campo abierto en etapa de producción varían de 4000 - 6000 m³/ha. Mientras en invernaderos la necesidad es por arriba de los 10,000 m³ /ha de agua. El 70% o más del sistema de raíces están por arriba de los 20 cm del suelo. Por lo tanto, es recomendable el sistema de riego por goteo con un dispositivo para fertirriego (Haifa, 2014).

2.13.5 Nutrición

Una nutrición equilibrada, empezando por el desarrollo radicular, el crecimiento temprano, la floración y producción de frutos, es fundamental para poder tener una alta producción comercial de tomates. La buena producción se logra en suelos bien drenados, y donde el agua no es un factor limitante (Yara, 2019).

Cuadro 4. Programa de fertilización en el ciclo del cultivo del tomate.

Método de Aplicación	N-P2O5-K20 kg/ha	Momento o época de aplicación
Fertilización directa de fondo y secundarias	120-140-260	1) 10 días antes del trasplante: 65% de las dosis de N y K, todo el P
		2) 26 días después del trasplante - inicio de floración: 10% de la dosis de N y K
		3) 51 días después del trasplante - inicio de amarre de fruto: 25% de la dosis de N y K.
Fertilización de fondo y Fertirrigación I	120-140-260	10 días antes del trasplante: 30% de la dosis de N, P y K + 350 kg/ha.
		Durante el desarrollo de todas las etapas de la planta, 70% de N-P-K 12 semanas de aplicación con fertirriego.
Fertilización de fondo y Fertirrigación II	160-180-360 (34% dosis más alta)	10 días antes del trasplante: 30% de la dosis de N, P y K con 400 kg/ha
		Durante el desarrollo de todas las etapas de la planta, 70% de N-P-K

(Haifa, 2014).

2.14 Problemas fitosanitarios del tomate

2.14.1 La mosca blanca *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring)

Los adultos miden, aproximadamente, 1.5 milímetros (mm), tienen el cuerpo de color amarillo, alas que descansan sobre el cuerpo y están cubiertas por una especie de polvillo ceroso de color blanco (Mondaca, 2005).

La importancia de esta plaga se debe a que ocasiona debilitamiento, amarillamiento, moteado y contaminación de hojas y frutos por la excreción de mielecilla. Se alimentan del follaje, se mueven poco y generalmente se encuentran

en el envés de las hojas. El cultivo de jitomate es afectado tanto en campo abierto como en invernadero, se ha observado la transmisión de virus. Afecta los rendimientos y eleva los costos de producción por las acciones de control químico que se realizan (Cesaveg, 2019).

2.14.2 Pulgones (*Aphis gossypii* Glover)

Los áfidos, comúnmente conocidos como pulgones, miden aproximadamente 1.65 mm de largo aunque son muy variables en color y tamaño dependiendo de la planta huésped, de tegumento blando, perteneciente al amplio orden de los himenópteros, se alimentan de la savia de los vegetales, que succionan mediante un aparato bucal picador-succionador (Barbagallo *et al.*, 2002).

Ocasionan daños directos al succionar la savia provocando debilitamiento, pérdida de vigor, amarillamiento y deformaciones, excretan mielecilla la cual cubre las hojas ocasionando la atracción de moscas y hormigas, así como del hongo *Capnodium* spp. (fumagina) que reduce la fotosíntesis y calidad de frutos, además, *A. gossypii* es un vector de muchas enfermedades de tipo viral (Cesaveg, 2019).

2.14.3 Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*)

El Minador de la hoja mide de 1.4 a 2.3 mm de longitud. Presenta una coloración amarillenta, con manchas negras y tiene las alas claras. El macho es de color amarillo y negro (antenas y patas amarillas, tórax negro) (PH, 2014).

Las larvas producen minas continuas en las hojas, las cuales son líneas irregulares, de color blanquizco o verdoso, con líneas conspicuas negras parecidas a hilos de excremento en los lados alternos de la mina. Los daños ocasionados por larvas y hembras adultas ocasionan problemas de estrés de plantas, pérdida de humedad y quemaduras de los frutos por falta de follaje (Pacheco, 1985.)

2.14.4 Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Esta plaga presenta cuatro pares de patas, ataca más de 150 especies cultivadas. Miden de 0.5 a 0.6 mm de forma oval y de color blanquecino a rojizo. Los huevecillos son redondos casi transparentes y amarillentos tardan de 2 a 4 días en eclosionar. Las ninfas (protoninfa y deutoninfa) son parecidas a los adultos, pero más pequeñas y de color blanco transparente. Ocasionan severos daños y cubre con telaraña al cultivo de jitomate, sobre todo en época seca y con alta temperatura. Tanto el adulto como las ninfas pican y absorben la savia de las hojas con sus estiletes provocando puntuaciones blancas, coloraciones amarillentas y marrones en las hojas. En poblaciones altas llegan a ocasionar la defoliación de plantas. Son favorecidas por el polvo y bajo condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa en el ambiente, el ciclo biológico es muy rápido y tarda de 9 a 15 días (Cesaveg, 2019).

2.14.5 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

Las larvas son de color verde pálido, lisas, sin espinas con una banda clara lateral a mitad del cuerpo y pasan por 6 instares larvales que duran de 22 a 25 días. Se alimentan durante la noche devorando hojas y brotes tiernos y frutos.

Provocan daños fuertes en las primeras etapas de desarrollo ya que en los primeros instares se comportan como gregarias, por lo cual ocasionan daños severos a partir de donde eclosionan y posteriormente se van eliminando unas a otras por el comportamiento de canibalismo. Después se dispersan en busca de alimento hasta completar su estado de desarrollo. Pupan en el suelo y duran 29 días en promedio, aunque en invernadero pueden pupar sobre los frutos. Los adultos tienen alas de 3 a 4 cm, las alas anteriores de color café grisáceo o rosadas con manchas oscuras y una mancha blanca en la parte media. Las alas posteriores de color claro. Los huevecillos son ovipositados en masas de 50 a 200 en el haz o envés de las hojas cubiertos por escamas de la hembra y eclosionan en 2 a 5 días (Cesaveg, 2019).

2.15 Principales enfermedades del tomate causadas por hongos

2.15.1 Ahogamiento o Damping off (*Pythium* spp.)

Esta enfermedad es muy común atacando plántulas de tomate desde el vivero y primeras etapas de desarrollo en campo e invernadero. Es causado por la invasión del hongo *Pythium* spp., infecta a las raíces o los pelos de la raíz, el tejido del hospedero parece empapado en agua y constreñido, eventualmente llevando al colapso de las plántulas. Una infección de hipocótilo o tallo de las plantas más viejas es por *Rhizoctonia solani* que puede producir gangrena. Los tallos infectados pueden tener un diámetro más pequeño que lo normal, pero son duros y fibrosos. Esta enfermedad es más problemática en plantas de crecimiento lento (Seminis, 2019).

2.15.2 Cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoracearum* D.C.)

La cenicilla es un fitopatógeno obligado que infecta a la mayoría de las solanaceae, los organismos causales de la enfermedad son los hongos *E. cichoracearum* D.C.) y *Sphaerotheca fuliginea* (Schelechtend: Fr.) Pollaci. Los síntomas se observan principalmente en las hojas inferiores, el hongo produce pequeñas manchas de color blanco de apariencia polvosa compuesta de esporas que emergen de las estructuras del hongo, estas manchas pueden cubrir completamente la lámina foliar y en algunos casos también infecta peciolo y tallos jóvenes (Agrios, 1978).

2.15.3 Marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*)

La marchitez vascular es causada por el hongo del suelo *F. oxysporum*, está ampliamente distribuido y puede infectar un número de cultivos huéspedes. Los primeros síntomas corresponden a la caída de peciolo de las hojas superiores. Las hojas inferiores sufren amarillamiento que avanza hacia el ápice y terminan por secarse. Puede manifestarse una marchitez en verde de la parte aérea, pero ésta puede ser reversible. Luego se hace permanente y la planta muere. En ocasiones el amarillamiento comienza en las hojas inferiores y termina por secar la planta. Si se realiza un corte transversal en el tallo se puede observar un oscurecimiento de los vasos (koppert, 2019).

2.16 Enfermedades causadas por virus

2.16.1 Virus del rizado amarillo del tomate

El rizado amarillo del tomate es una enfermedad causada por un complejo de geminivirus que ataca a nivel mundial al cultivo de tomate, en plantas de tomate son más severos cuando son atacadas en etapas tempranas. Las plantas de tomate tienden ser achaparradas aparentando ser plantas arbustivas debidas a entrenudos cortos con hojas marcadamente pequeñas de color amarillo entre las venas (Guerrero *et al.*, 2016).

2.16.2 Virus del mosaico del pepino (CMV)

Es probablemente la enfermedad más extendida e importante entre las cucurbitáceas. El virus hiberna en maleza perenne, especialmente atractivas para los áfidos cuando estas plantas brotan de nuevo en primavera. Los primeros síntomas en las plantas afectadas aparecen en las hojas más jóvenes que se curvan hacia abajo y eventualmente presentan áreas de mosaico amarillo, arrugamiento y reducción del tamaño, en los entrenudos se acortan causando enanismo y en la fruta presenta verrugas, moteados y reducción drástica en el tamaño (Paz y Wessel, 2002).

2.17 Enfermedades causadas por nematodos

2.17.1 Los Nematodos

Los nematodos son un grupo bastante numeroso de invertebrados con representantes en prácticamente cada uno de los diferentes hábitats; alrededor de 15 % son parásitos de animales, 10 % son parásitos de plantas, 5 % viven en el

mar y el restante 70 % viven en aguas dulces y en el suelo. Su forma, como su nombre lo indica, proviene del griego nema: hilo, es filiforme (Zavaleta, 1999).

2.17.2 Origen e importancia de los nematodos

Los nematodos son agentes causantes de enfermedades en plantas, animales y otros organismos, los nematodos se conocían desde el siglo pasado y han sido estudiados desde hace 100 años. Los primeros estudios sobre nematodos comenzaron en Europa, pero no fue hasta 1900 en Estados Unidos en el que se realizaron descubrimientos importantes como el hallazgo del nematodo dorado (*Heterodera rostochiensis*), con lo cual se inicia estudios sobre nematología (Consejo Nacional de investigación, 1978).

2.17.3 Historia de los nematodos

Los nematodos son microorganismos en forma de hilo, se encuentran prácticamente en todos los hábitats de la tierra, comprenden una de las especies más ricas en el reino animal, en términos de biomasa, constituye uno de los grupos más numerosos, pues pueden encontrarse hasta 20, 000,000 de individuos por metro cuadrado. La Nematología nace en el siglo XVII con la invención del microscopio compuesto; las primeras observaciones de nematodos fueron realizadas por Petrus Borellus quien observó con gran asombro “pequeñas serpientes” en el vinagre sin pasteurizar (Navarro, 2016).

En 1743, John Needham descubre el primer nematodo fitoparásito *Anguina tritici*, en los granos de trigo, otros científicos hicieron aportes significativos

en la ciencia de la nematología; Berkeley en 1855, descubre los nematodos formadores de agallas del género *Meloidogyne*, y Schmidt, en 1871 describe el nematodo de la remolacha azucarera *Heterodera schachtii*. En la década de los 40 se hacen muchos más descubrimientos sobre nematodos y se comienza a estudiar y conocer algunos nematodos transmisores de virus a las plantas y a la acción sinérgica de nematodos con hongos y bacterias fitopatógenas responsable de complejos patológicos en muchos cultivos (Rivera, 2007).

2.17.4 Principales géneros de nematodos

El tomate (*S. lycopersicum*). Es uno de los cultivos de hortalizas más importantes que se cultivan en todo el mundo para el consumo en diversas formas. Varios patógenos virales, bacterianos, fúngicos y de nematodos atacan al tomate y causan enfermedades de consecuencias económicas. Los nematodos de las raíces (especies de *Meloidogyne*), los nematodos reniformes (*Rotylenchulus reniformis*), los nematodos del quiste (*Globodera rostochiensis*) y varios nematodos ectoparásitos son conocidos por atacar al tomate en muchas partes diferentes del mundo (Taylor, 1978).

2.17.5 *Pratylenchus* spp. (Nematodo lesionado)

El nematodo lesionado es el segundo en importancia en el cultivo de las hortalizas. Este nematodo ataca generalmente la corteza de las raíces, ocasionando lesiones necróticas, desprendimiento de los tejidos y pudrición radical. Los primeros síntomas se presentan como pequeñas manchas alargadas o heridas que varían de color (amarillas a marrón). Los síntomas aéreos son clorosis, falta de

vigor, enanismo, baja en la producción y en casos severos la muerte de la planta (Vicente, 2012).

2.17.6 *Rotylenchulus reniformis* (Nematodo reniforme)

Esta especie es la única de su género asociada a las hortalizas. Es dañino solamente cuando las poblaciones son altas. Las plantas infectadas con este nematodo presentan pequeñas lesiones necróticas alrededor del punto donde la boca del nematodo está adherida a la raíz. Las plantas infectadas pierden vigor y se observa una reducción en el tamaño y en el peso de las partes aéreas (Vicente, 2012).

2.17.7 *Meloidogyne* spp. (Nematodo nodulador)

Presenta una amplia distribución a nivel mundial. Tiene alrededor de 3,000 especies de plantas hospederas y es económicamente importante en climas templados, tropicales, subtropicales y mediterráneos (Anaya y Nápoles, 1999).

2.17.8 Nematodos agalladores

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, mientras que en hortalizas y frutales se estima que las pérdidas anuales por estos

organismos son del 14% en hortalizas y frutales en los EUA (Appleman y Hanmer, 2003).

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).

2.17.9 Ubicación taxonómica

Ubicación taxonómica del nematodo agallador o nodulador.

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida

Suborden: Tylenchina

Superfamilia: Heteroderoidea

Familia: Heteroderidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

Especie: *incognita*

(Cepeda, 2001).

2.17.10 Características anatómicas y morfológicas

La caracterización en cuanto a morfología no ha producido una definición objetiva de lo que constituye una especie de *Meloidogyne*. Se produce por partenogénesis; esto significa que el concepto de especie biológica no puede ser aplicado a *Meloidogyne*, o al menos debería hacerse con algunas aclaraciones (Sasser, 1977).

Los estados juveniles del nematodo de los nódulos radiculares (*M. incognita*) son descritos como vermiformes con longitud aproximada de 0.28 a .5 mm y su cutícula anillada es migratoria; con región cefálica y estilete delicados; presentan el área labial sin constricción y el segundo estado avanzado es sedentario, hinchado y con cola aguda se define como “estado infectivo” y tiene un estilete libre que tiene una longitud entre 10 y 20 micras y; el tercer y cuarto estado se presentan en el interior de la cutícula del segundo estado, con estilete (UCDa, 2006; Calderoni, 1978).

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).

La hembra de tercer estadio se caracteriza por la ausencia casi total del estilete y al avanzar en su desarrollo aumenta de tamaño, adquiriendo la forma de

pera o subesférica, excepto por la elongación en la parte anterior que se denomina cuello. La cutícula del cuerpo de la hembra esférica es blanca y de textura suave, sola ausente, el estilete de la hembra es punzante y pequeño, nódulos basales desarrollados, el poro excretor se encuentra a nivel, o un poco anterior al bulbo medio. Esófago desarrollado con bulbo medio grande con vulva, istmo corto y grueso y una glándula que se sobrepone ventralmente al intestino: la longitud de las hembras varia de 0.4 a 1.3 m, son didélficas, con ovarios grandes y reflejados varias veces; en la región perineal la cutícula presenta estrías ligeras, las cuales, en conjunto con vulva, ano y fasmidios, dan lugar a patrones o modelos característicos que permiten diferenciar a las especies (Jatala, 1986).

Los machos a diferencia de la hembra, no son esféricos, son vermiformes, una vez que alcanzan el estado de adulto presentan de 1000 a 1500 micras de longitud, no obstante, en las primeras fases de su desarrollo larvario, su cuerpo es ligeramente engrosado. La longitud labial de los machos es alargada, presentando labios laterales; el estilete presenta nódulos basales prominentes y el poro excretor está localizado a nivel del anillo nervioso; el esófago presenta desarrollo normal del procorpus y del bulbo medio valvulado, teniendo istmo estrecho y región glandular sobrepuesta ventralmente al intestino, pero no tan fuertemente desarrollada como en las hembras. Actualmente las características morfológicas de la cabeza de los machos son más usadas para identificas con precisión, las especies más comunes de este género (Sasser, 1977).

Las espículas y el gubernáculo están localizados cerca de la parte final del cuerpo por lo que prácticamente no existe cola, con bursa ausente. Dependiendo de la nutrición, durante el desarrollo del macho se pueden formar uno o dos testículos, pero los individuos diorquidos son infértiles; aunque la mayoría de las especies de *Meloidogyne* son partenogénicas, se supone que después de llevar a cabo la función de copular, el macho muere (Brodie, 1984).

2.17.11 Ciclo de vida

Hay seis etapas en el desarrollo de la mayoría de los nematodos del género *Meloidogyne*: el huevo, cuatro etapas juveniles y el adulto. El huevo es generalmente depositado, en distintas etapas de desarrollo, en el suelo o dentro del tejido de la planta. En algunas especies estos están protegidos por una capa gelatinosa. El huevo fecundado sufre una serie de divisiones mientras pasa etapas de blástula y grástula hasta llegar al estado juvenil (nematodo filiforme). En la mayoría de las especies fitoparasíticas, el segundo estado juvenil emerge del huevo, se mueve por el suelo y penetra e invade el tejido vegetal. Esta etapa, que es generalmente la infecciosa, en la mayoría de las especies una que resiste las condiciones ambientales favorables (Román y Acosta, 1984).

2.17.12 Distribución mundial de las especies del género *Meloidogyne*

Los nematodos del género *Meloidogyne* están distribuidos ampliamente en todo el mundo y son considerados como uno de los fitoparásitos, que afectan económicamente la producción de los cultivos. La amplia distribución de estos patógenos puede atribuirse a varios factores; por una parte, la característica del

organismo de soportar condiciones adversas, y, por otra, las condiciones ambientales favorables para que se incrementen rápidamente las poblaciones; a esto se debe agregarse el efecto de transportar material vegetal o implementos y maquinaria agrícola infestados (Cepeda y Gallegos, 2008).

2.17.13 Hospedantes

Los nematodos del género *Meloidogyne* se alimentan de una gran diversidad de plantas, a tal grado que se considera que casi todos los vegetales cultivados son susceptibles a este patógeno, algunos son poco susceptibles y no son dañados seriamente, pero otros, por el contrario, son muy susceptibles a una o más especies (Agrios, 1997).

En California (EUA) se reporta atacando cucurbitáceas, frijol, zanahoria, tomate, lechuga, chícharo, chile y rábano entre otras hospedantes (Brust *et al.*, 2003).

2.17.14 Síntomas de daño por especies del género *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 medio día, 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 lento o se detiene. Al avanzar la temporada suele presentarse pudrición de raíces (Brust *et al.*, 2003).

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).

2.17.15 Índice de agallamiento

De acuerdo con Barker (1985), existen varias escalas para medir el índice de agallamiento:

a) El índice de 0 – 4 (Dónde: 0 = 0 agallas; 1 = 25 %; 2 = 50 %; 3 = 75 % y 4 = 100 % de raíces con agallas).

b) El índice de 0 – 5 (Dónde: 0 = 0 agallas; 1 = 25 %; 2 = 50 %; 3 = 75 % y 4 = 100 % de raíces con agallas).

c) El índice de 1 – 6 (Dónde: 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. (Dónde 0 = 0 agallas. Dónde: 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).

Asimismo, se trabaja con otro índice de agallamiento en escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas:

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).

2.18 Manejo Integrado de Nematodos (MIN)

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

2.18.1 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).

2.18.2 Barbecho

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

2.18.3 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).

2.18.4 Solarización

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

2.18.5 Rotación de cultivos

Uno de los métodos más antiguos y baratos para controlar o reducir el daño del nematodo agallador es la rotación con cultivos no hospederos, ya que este nematodo es un parásito obligado, que podría morir de inanición si no tiene un hospedero disponible presente. Algunos cultivos potencialmente resistentes incluyen al zacate Sudán y algunos granos pequeños. Para reducir los números del nematodo de los nódulos radiculares por abajo del umbral económico, el productor no deberá plantar un cultivo hospedero al menos por dos años. Usualmente este método de control no elimina al parásito, pues rotaciones de 35 cultivos por tantos como 12 años han resultado ineficientes para erradicar al nematodo, posiblemente por la presencia de maleza hospedera (Kim *et al.*, 1997).

2.18.6 Variedades resistentes

La obtención de variedad resistentes se lleva a cabo por la hibridación de plantas susceptibles con plantas resistentes, mediante cruzamiento de individuos, uno es una variedad comercial que es necesario introducirle la resistencia del otro individuo. La primera generación que es donde se obtienen los híbridos, los cuales se van a cruzar con el progenitor para solo fijar las características deseadas, que en este caso es resistencia, actualmente las variedades resistentes de tomate utilizadas son: TOP- 111 F1, Burbuja F1, Diezmil97 F1, Rosende F1 y -T- 11073 F1- (Cepeda, 2004).

2.18.7 Control biológico

Las medidas de control que emplean organismos antagónicos a los nematodos de los nudos radicales se han intentado por muchos investigadores.

Los agentes de control biológico utilizados más comúnmente son los hongos y las bacterias. Hay muchos tipos de hongos nematófagos (nematodo de la lactancia). Algunos hongos utilizan trampas de micelio o esporas pegajosas para capturar nematodos, por ejemplo, *Arthrobotrys* spp y *Monacro sporium*, otros hongos parasitan huevos y hembras de nematodos de los nudos radicales, por ejemplo, *Pochonia chlamydosporia* y *Paecilomyces lilacinus*. Los principales antagonistas bacterianos son *Pasteuria penetrans* y especies del género *Bacillus*. Endosporas de *P. penetrans* se adhieren a la cutícula de un nematodo juvenil, producen estructuras de penetración que entran en el nematodo, y poco a poco lo consumen. Varios antagonistas de nematodos se han estudiado tanto en invernadero y experimentos de campo. Un número de productos comerciales basados en agentes de biocontrol están disponibles para la ingestión de los nudos de la raíz y otros nematodos. Sin embargo, un problema importante en el desarrollo de agentes de control biológico eficaz es la incapacidad para generar económicamente las grandes cantidades de material biológico necesarios para su aplicación en grandes áreas (Mitkowski y Abawi, 2003).

2.18.8 Control químico

La aplicación de productos químicos es el método de control más utilizado, especialmente cuando las técnicas agronómicas no reducen o suprimen el problema nematológico lo suficiente como para permitir al producto seguir cultivando la planta huésped. Utilizar nematicidas es casi la única forma práctica para controlar al nematodo de los nódulos radiculares en cultivos de alto valor. Entre los nematicidas recomendados para el control del nematodo de los nódulos

radiculares se encuentran el Bromuro de metilo, Metam sodio (Vapam) y Oxamyl (Vydate). Desafortunadamente muchos nematicidas han sido retirados debido a su naturaleza tóxica y habilidad para lixiviarse hacia las aguas subterráneas. También, los nematicidas no volátiles presentan extensivas propiedades residuales que restringen su aplicación, porque pueden ser tóxicos a mamíferos y al humano. Aunque estos materiales han sido efectivos presentan riesgos de seguridad y daños al medio ambiente (Brust *et al.*, 2003). Por lo anterior, se vuelve muy importante el desarrollar métodos de control no selectivo y más económico como los métodos de biocontrol (Noling, 2005).

2.19 Nematicidas biológicos utilizados en este estudio

2.19.1 *Paecilomyces lilacinus*

El hongo *P. lilacinus*, es el enemigo natural de muchos géneros de nematodos y algunos insectos. Es efectivo para nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratelynchus* y *Radophulus*, debido a su gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y su un alto potencial parasítico (Jatala, 1985).

El hongo *P. lilacinus* sobrevive por lo menos un año en el suelo. Este hongo se desarrolla a temperaturas altas de 20 a 30°C y en una amplia gama de niveles de acidez del suelo, de modo que pudiera ser un factor importante bajo condiciones de climas tropicales, donde los nematodos del nudo de la raíz son comunes (Jatala *et al.*, 1985).

2.19.2 *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH)

Es un nematocida de origen biológico, el cual está formulado con el hongo *P. lilacinus*, parasita los huevos y las hembras de los nematodos causando, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión de los nematodos fitopatógenos. Además, produce toxinas que afectan el sistema nervioso provocándoles alteraciones morfológicas y causan deformaciones en el estilete de los nemátodos que sobreviven, lo que le permite reducir significativamente el daño y sus poblaciones. En dosis de 250-500 g/a y se utiliza en los cultivos de tomate, chile, papa, tabaco y berenjena, realizar tres aplicaciones a la base del tallo de la planta, a intervalos de 5 días (Catálogo de Productos Versa, 2018).

2.19.3 *Bacillus thuringiensis*

La bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* produce cristales proteicos con actividad citotóxica en contra de insectos y nematodos. La toxicidad de *B. thuringiensis* en plagas agrícolas es ampliamente conocida, pero poco se conoce acerca de su actividad en contra de nematodos parásitos. Recientemente, la actividad nematocida de las proteínas derivadas de *B. thuringiensis* se demostró en nematodos de plantas, *Globodera* y *Meloidogyne*. A través de los estudios derivados de *B. thuringiensis* podrían considerarse una alternativa de control en nematodos que afectan a las plantas agrícolas (Vázquez-Pineda *et al.*, 2014).

2.19.4 *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (DIPEL DF®)

Es un insecticida biológico con actividad por ingestión. *Bacillus thuringiensis* produce durante la fase de esporulación el cuerpo parasporal constituido por cristales proteicos de estructura bipiramidal de la D-endotoxina, y

una endospora elíptica. La proteína se descompone por acción de los jugos intestinales alcalinos ($\text{pH} > 8.5$) de las larvas de los insectos formando pequeñas unidades que atacan el revestimiento del intestino de las larvas, alterando el equilibrio osmótico y paralizando las mandíbulas y el tracto intestinal con cese de la alimentación. En algunas especies hospedantes las esporas germinan en el intestino y juegan un importante papel en su patología pudiendo morir las larvas por septicemia (Blatta, 2019).

2.19.5 Abamectina

Es un insecticida de origen natural, con poderosa actividad translaminar, producido por el microorganismo del suelo *Streptomyces avermitilis*. Actúa principalmente por ingestión y contacto directo. La actividad de los nematodos de los nódulos radiculares (*M. incognita*) en pruebas en invernadero con dosis de 0.16 - 0.24 lb de Abamectina /acre dieron como resultado que fueron cerca de 10-30 más potentes que los nematicidas de contacto (Becker, 2011).

2.19.6 Neem

El Neem posee muchos ingredientes activos; por su importancia destacan la azadiractina, salanina, meliantrol, nimbina y nimbidina, que tienen los siguientes efectos sobre las plagas: Interrumpen el desarrollo de huevos, larvas y pupas, bloquean la muda de larva a ninfa, repelen larvas y adultos, la hembra evita la oviposición en plantas tratadas, se esterilizan los adultos, envenena a las larvas y adultos y evita que los insectos se alimenten. Los extractos de neem, no causan

ninguna resistencia en las plagas, ya que la mezcla compleja de ingredientes activos, impide que adquieran inmunidad. (Osuna, 2005).

2.19.7 Abaneem (Abamectina + Neem)

Abaneem: mezcla 80% de Avermectin B1a (5,0 desmetilarvermectin A1a) y un máximo de 20% propil – 25 (1- metililo) Avermectina A1a 1.8%. Equivalente a 18 g de I.A/L Aceite neem (*Azadirachta indica*) 10.0%, emulsificante y condicionadores 88.2%. Abaneem es un producto a base de abamectina y aceite de neem recomendada para el manejo de una amplia gama de insectos y ácaros, también es usado en para el control de nematodos *Meloidogyne incognita*, en los cultivos de chile, tomate, melón, sandía y pepino (PROANSA, 2017).

Presenta una elevada eficacia para el sinergismo entre sus ingredientes, posee efecto neurotóxico al estimular la liberación de (GABA) inhibitorio de la neurotransmisión ocasionando parálisis de los insectos y ácaros. Antialimentario y repelente retardando las reinfestaciones. Su modo de acción es por contacto e ingestión, posee efecto traslaminar penetrando rápidamente a la cutícula de los tejidos vegetales, evitando el lavado por lluvia y ofreciendo un excelente periodo de control (PROANSA, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera tiene una extensión territorial de 500, 000 ha y se ubica entre los paralelos 25 y 27 grados latitud norte y los meridianos 103 y 104 grados latitud oeste de Greenwich, teniendo una altura de 1129 m sobre el nivel del mar, localizada en la parte suroeste del Estado de Coahuila y Noroeste del Estado de Durango, al norte con el Estado de Chihuahua y al sur con el Estado de Zacatecas (Martínez, 2014).

3.2 Características del clima

El clima en la Comarca Lagunera, según la clasificación de Koppen es árido, muy seco (estepario, desértico), es cálido tanto en primavera como en verano, con invierno fresco. La precipitación es escasa, encontrándose la atmósfera desprovista de humedad, con una precipitación media anual de 239.4 mm, siendo el periodo de máxima precipitación entre los meses de julio, agosto y septiembre (Martínez, 2014).

3.3 Localización del experimento

El presente estudio se realizó durante el ciclo agrícola Otoño – Invierno 2018, en un macrotúnel ubicado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, localizada en Periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa Fe s/n, Torreón, Coahuila, México, de acuerdo al programa informático Google Earth, se encuentra ubicado geográficamente a los

25° 33' 24.78" de latitud norte, 103° 22' 18.40" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1123 m (Google Earth, 2019).

3.4 Variedad utilizada

En el presente trabajo se utilizaron semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette las cuales fueron sembradas en macetas de polietileno con capacidad de 3 kg, bajo condiciones de macrotúnel.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental constó de 6 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por tratamiento (Figura 1) y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones.



Figura 1. Macetas con suelo para realizar el experimento.

Cuadro 5. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar (Testigo), *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180, aplicados para control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2018.

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

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

3.6 Muestreo de suelo

El día 12 de octubre de 2018 se colectó suelo infestado del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, parte del suelo se colectó de plantas de trueno (*Ligustrum lucidum*), ya que son hospederos del nematodo *Meloidogyne incognita* y el restante fue suelo que se colectó en parcelas de Matamoros, Coahuila con antecedentes de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) que es considerado hospedante importante de este nematodo. Una vez colectados ambos suelos, se aplicó agua.

3.7 Siembra

Después de haber realizado el muestreo del suelo a utilizar para el desarrollo de las plantas de tomate, el día 24 de octubre de 2018 se llenaron 96 bolsas con capacidad de 3 kg de suelo cada una, para evitar la muerte de los

nematodos expuestos al sol y al viento. Dichas macetas se colocaron sobre plásticos con el fin de que estas no tuvieran un contacto directo con el suelo. El día 25 de octubre de 2018 se llenaron las bolsas faltantes, las macetas se etiquetaron con sus datos correspondientes, así como también se distribuyeron conforme al diseño experimental utilizado, posteriormente se aplicó un riego a las macetas.

El 01 de noviembre de 2018, en presiembra se llevaron a cabo aplicaciones de los productos formulados (Figura 2) (*Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180, en los tratamientos a evaluar en las macetas, excepto el testigo (sin aplicación), tal y como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Tratamientos y dosis a evaluar en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para el control del nematodo agallador de la raíz (*Meloidogyne incognita*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamiento	Dosis
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH).	5 g/l agua
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF)	5 g/l agua
Abaneem 180	10 ml/l agua
Testigo	Sin aplicación

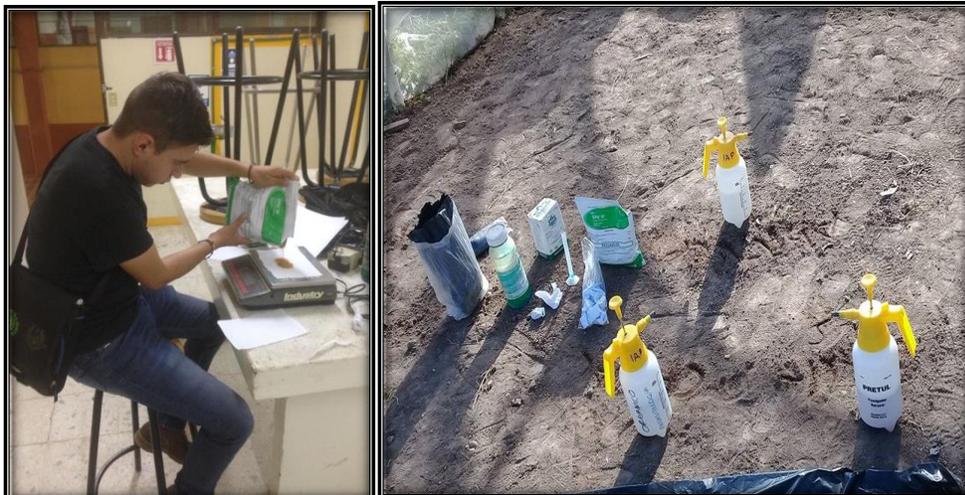


Figura 2. Productos utilizados en el experimento.

La siembra se realizó el día 02 de noviembre de 2018 (Figura 3), efectuándolo después de un riego de presembrado al suelo. La profundidad de la siembra fue aproximadamente de 3 a 4 mm, se depositaron dos semillas a cada maceta para hacer eficaz la germinación de las mismas y selección posteriormente mediante un aclareo, quedando la planta más vigorosa para su posterior evaluación a los 40 días después de la emergencia.



Figura 3. Siembra del cultivo de tomate.

3.8 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en aplicaciones una vez por semana, se realizó con aspersoras manuales con capacidad de 1.2 L, los productos aplicados fueron los siguientes: *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel DF), Abaneem 180 y un testigo al cual no se le hizo ninguna aplicación.

3.9 Emergencia

Las plántulas emergieron a los 8-10 días después de la siembra, el día 10 de noviembre de 2018 se observó un 95% de emergencia en las macetas, el otro 5% emergió un día después.

3.10 Riego

Los riegos fueron ligeros, se aplicaron cada 2 a 3 días a partir de la siembra, esto con el objetivo de mantener la humedad del suelo lo más uniforme posible.

3.11 Luz artificial

Se instaló una línea de focos en el macrotunel para que a las plantas no les faltara luz y no afectara su desarrollo y crecimiento, ya que el clima se encontraba en temperaturas bajas.

3.12 Labores culturales

Las actividades culturales que se realizaron durante el desarrollo de las plantas: el control de maleza y remoción del suelo en forma manual con ayuda de herramientas de campo (palita de jardín) (Figura 4), para que el suelo no se agrietara. Ambas prácticas culturales se hicieron dos veces por semana, para mantener al cultivo libre de maleza y para evitar un suelo compactado; ayudando a la entrada de oxígeno, agua y nutrientes. Asimismo, a los 12 días después de la emergencia se realizó el aclareo, dejando una sola plántula por maceta, para ser evaluada respectivamente.



Figura 4. Remoción del suelo.

3.13 Fechas de aplicaciones

Las aplicaciones de los productos formulados a cada tratamiento se realizaron en las fechas que se muestran en el cuadro 7, siguiendo la dosis señalada, y las aplicaciones se realizaron como se observa en la figura 5:

Cuadro 7. Aplicaciones de los productos formulados *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel DF), Abaneem 180.

No. De aplicación	Fecha
1	01/11/2018 (presiembra)
2	10/11/2018 (después de la emergencia)
3	17/11/2018 (después de la emergencia)
4	17/11/2018 (después de la emergencia)
5	24/11/2018 (después de la emergencia)
6	30/11/2018 (después de la emergencia)
7	07/12/2018 (después de la emergencia)
8	14/12/2018 (después de la emergencia)



Figura 5. Aplicación de los productos a los tratamientos.

3.14 Control de plagas y enfermedades

Se llevaron cabo dos aplicaciones del insecticida-acaricida Clorfenapir a dosis de 1 ml por litro de aguaya que a los 20 días de desarrollo y crecimiento vegetativo se observaron en promedio 5 moscas blancas (*Bemisia tabaci*) por planta.

3.15 Registro de datos

El día 20 de diciembre de 2018, a los 40 días después de la germinación se llevó a cabo la toma de datos de los parámetros para evaluar y determinar el vigor de las plantas (Figura 6). Primero, se extrajeron de las macetas las plantas con cierta humedad manejable, con apoyo de una pala pequeña, se colocaron en bolsas de polietileno etiquetadas, para evitar la contaminación y deshidratación. Posteriormente, la raíz fue lavada con agua a presión, para retirar completamente el suelo adherido a las raíces. Esta maniobra se realizó cuidadosamente para no dañar el sistema radicular de las plantas de tomate.

Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas de tomate, las plantas se colocaron envueltas en papel periódico y se depositaron en el interior de polietileno debidamente etiquetadas con el número de cada tratamiento, para posteriormente ser trasladadas al Laboratorio de Parasitología de la UAAAN-UL para llevar a cabo las mediciones individuales de cada planta. Cabe mencionar que se tuvo que cortar el tallo de la raíz a la altura de la superficie del suelo para tomar los datos de diámetro del tallo mediante el uso de un vernier. Posteriormente se determinó el peso de la raíz y el peso del follaje con la ayuda de una báscula

electrónica. La altura de plantas se midió con una regla graduada de 30 cm. Por último, la evaluación del índice de agallamiento se realizó mediante observaciones al sistema radicular, para contar nódulos en cada planta de cada uno de los tratamientos y sus repeticiones con apoyo de un microscopio estereoscopio y basados con la metodología de Barker (1985).

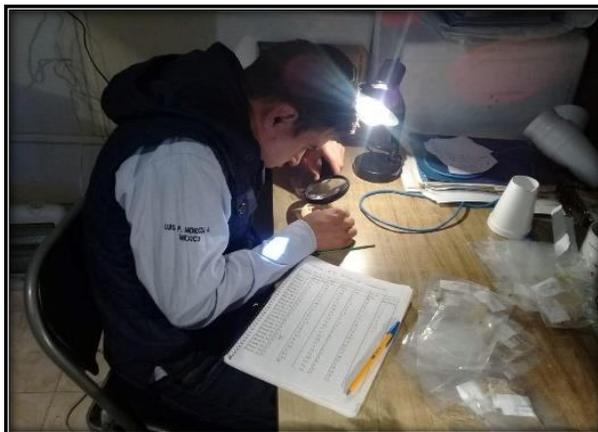


Figura 6. Toma de datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Vigor de las plantas

Para realizar la evaluación y determinar el vigor de las plantas, se tomaron los siguientes datos: diámetro de la base del tallo, longitud y peso de la raíz, longitud y peso del follaje e índice de agallamiento en los diferentes tratamientos. Posteriormente los datos recabados estuvieron sujetos a un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con una comparación $\alpha = 0.05$ 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.

Considerando que las plantas de tomate sembradas se desarrollaron bajo condiciones de un macrotúnel y con el suelo infestado de nematodo agallador *M. incognita*, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2 Diámetro de la base del tallo

La evaluación del diámetro de la base del tallo de las plantas de tomate después de 40 días de la emergencia, según la prueba de Tukey, demostró que los resultados del tratamiento *Paecilomyces lilacinus* con una media de 3.25 cm de diámetro de tallo y Abaneem 180 con 3.07 cm de diámetro de tallo, resultaron estadísticamente iguales. Respecto a los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* y Testigo sin aplicación, resultaron estadísticamente iguales con un valor de diámetro del tallo de 2.54 y 2.13 respectivamente (Cuadro 8. Figura 7).

Cuadro 8. Comparación de medidas en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Diámetro del tallo (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	3.2500	A
Abaneem	10 ml/l agua	3.0708	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	2.5417	B
Testigo		2.1333	B

PF: Producto Formulado

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

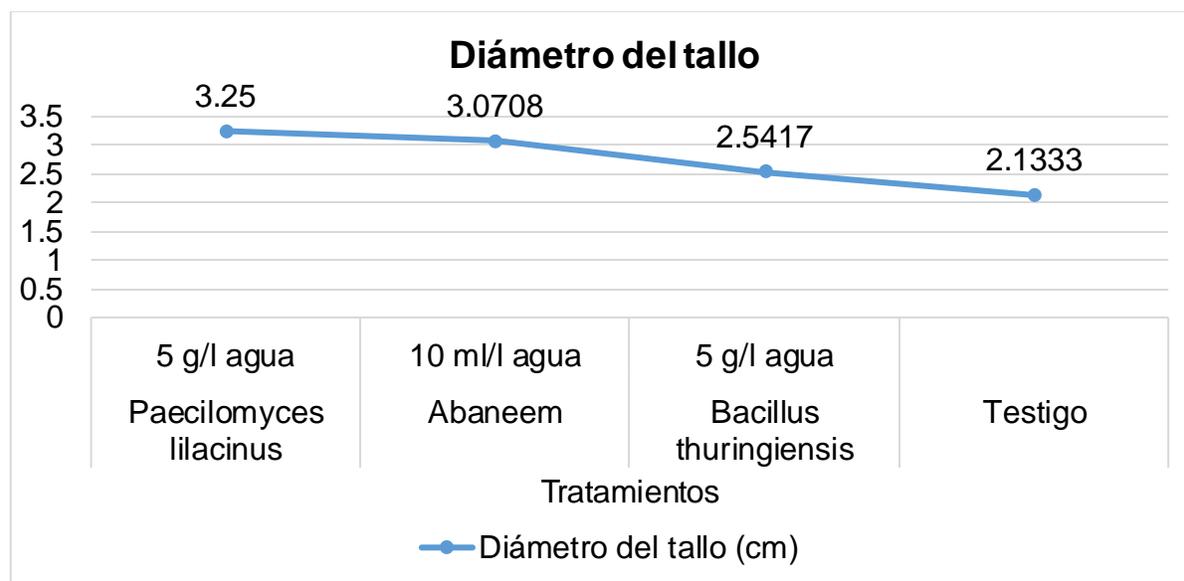


Figura 7. Medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.3 Longitud de raíz

La evaluación de longitud de la raíz, con la comparación de medias en la prueba de Tukey (cuadro 9 y Figura 8) nos demuestra que los tratamientos de *Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis* y Abaneem 180, resultaron estadísticamente iguales con 5.96 cm, 14.92 cm y 14.68 cm de longitud de raíz respectivamente, mientras que testigo sin aplicación presentó una media de 14.21 cm de longitud de raíz.

Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación de longitud de raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México., 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Longitud de raíz(cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	15.967	A	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	14.929	A	B
Abaneem	10 ml/l agua	14.688	A	B
Testigo		14.213		B

PF: Producto Formulado

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

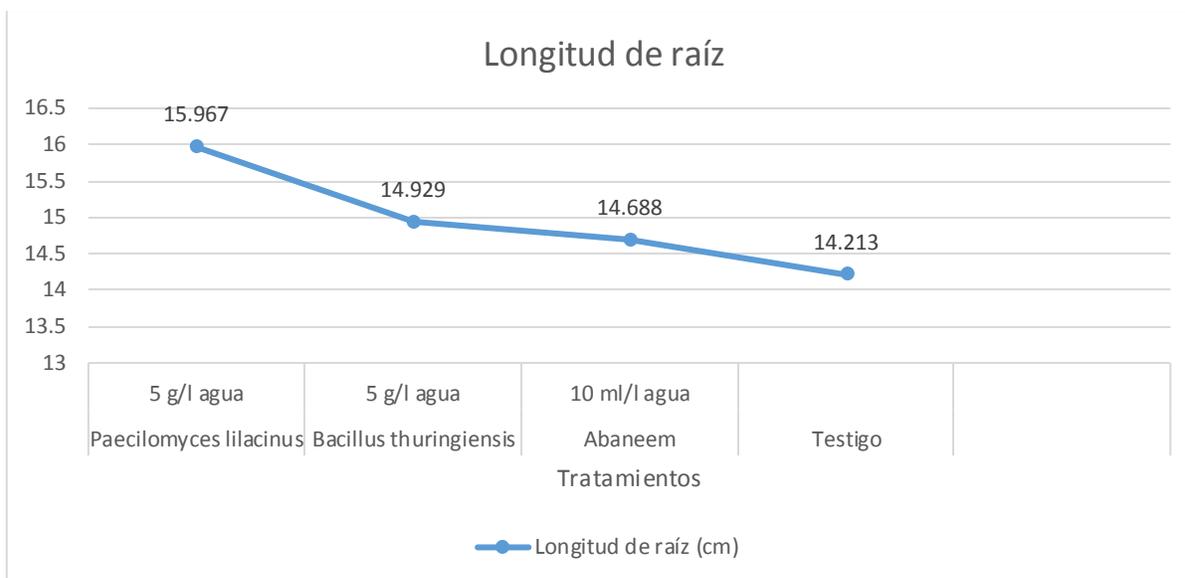


Figura 8. Medias en la evaluación de longitud de raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.4 Longitud de follaje

La evaluación de la longitud del follaje con la comparación de medias en la prueba de Tukey, nos señala que los tratamientos que resultaron estadísticamente iguales con mayor longitud de follaje fueron los tratamientos de Abaneem 180 con 36.12 cm, *Paecilomyces lilacinus* con una media de 36.04 cm y el *Bacillus thuringiensis* con una media de 35.33 cm. Mientras que Testigo sin aplicación presentó una diferencia significativa con una media de 28.08 de longitud en su follaje (Cuadro 10. Figura 9).

Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Longitud de follajecm)	Comparación ($\alpha=0.5$)
Abaneem	10 ml/l agua	36.125	A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	36.042	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	35.333	A
Testigo		28.083	B

PF: Producto Formulado

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

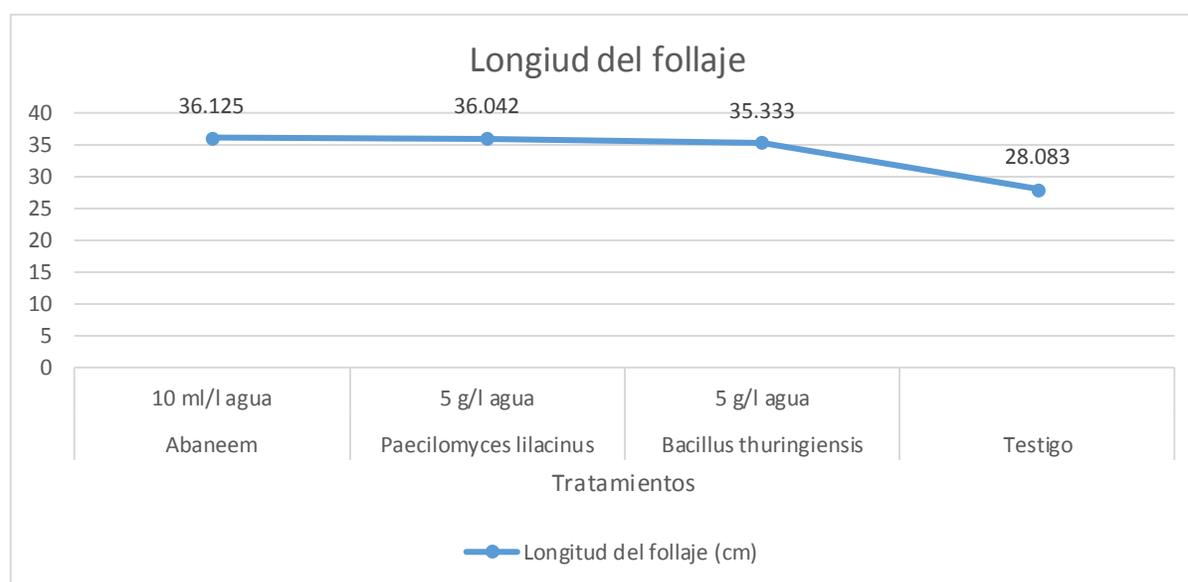


Figura 9. Medias en la evaluación de longitud de follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México.

4.5 Peso de raíz

La evaluación del peso de la raíz con la comparación de medias en la prueba de Tukey, (Cuadro 11, Figura 10) muestra que los tratamientos que resultaron con una significancia estadísticamente semejante fueron: *Paecilomyces lilacinus* presentando una media de 1.21 g, Abaneem 180 con una media de 1.15 g y *Bacillus thuringiensis* con 1.10 g y el tratamiento de menor valor fue el testigo sin aplicación con una media de 0.85 g.

Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Peso de raíz(cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	1.2167	A	
Abaneem	10 ml/l agua	1.1542	A	B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	1.1000	A	B
Testigo		0.8542		B

PF: Producto Formulado

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

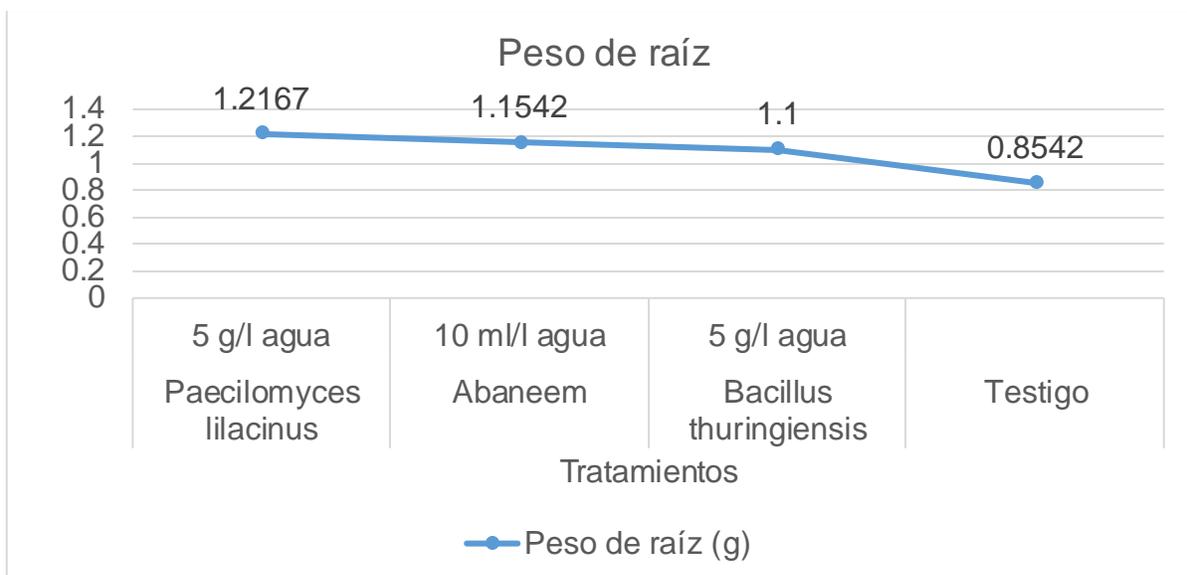


Figura 10. Medias en la evaluación del peso de raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.6 Peso del follaje

La evaluación del peso de follaje con la comparación de medias en la prueba de Tukey, señala que de los tratamientos que presentan un valor estadísticamente igual fueron Abaneem 180 con una media de 11.16 g, *Paecilomyces lilacinus* con una media de 11.00 g y *Bacillus thuringiensis* con una menor media de 10.08 g y posteriormente presentó diferencia Testigo sin aplicación con una menor media de 7.29 g de peso de follaje (Cuadro 12. Figura 11).

Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Peso del follaje(cm)	Comparación (a=0.5)
Abaneem	10 ml/l agua	11.167	A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	11.000	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	10.083	A
Testigo		7.292	B

PF: Producto Formulado

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

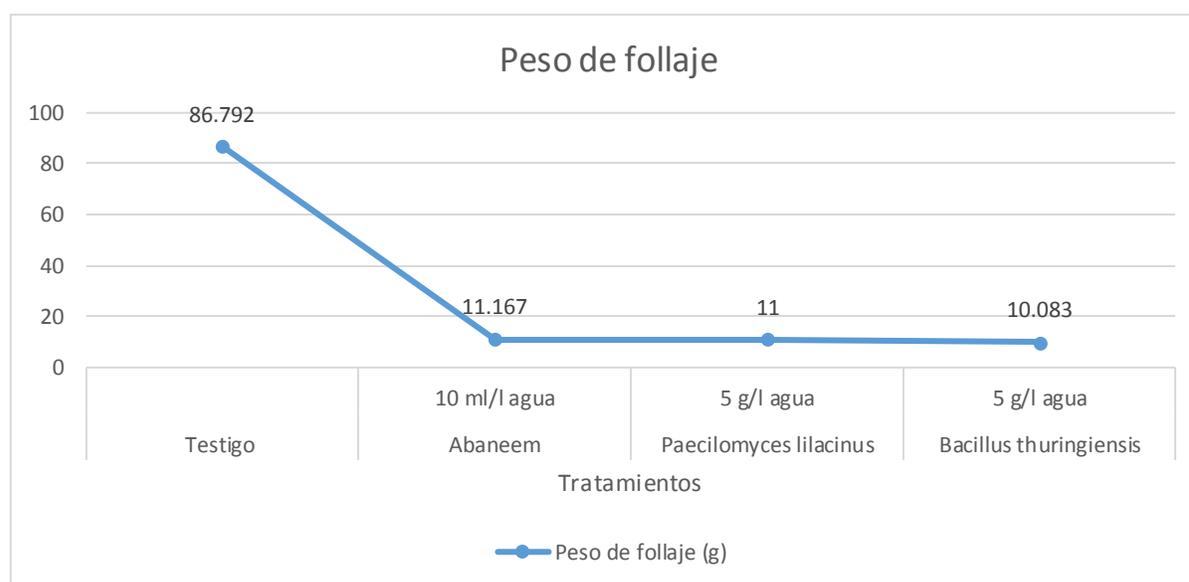


Figura 11. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.7 Índice de agallamiento

La evaluación del Índice de agallamiento radicular con la comparación de medias en la prueba de Tukey, (Cuadro 13. Figura 12) señala que el de mayor significancia estadísticamente hablando, fue el tratamiento Testigo sin aplicación, con una media de índice de agallamiento radicular de 36.41, mientras que el resto de los tratamientos resultaron con valores estadísticamente iguales, entre los cuales *Paecilomyces lilacinus* presentó una media de índice de agallamiento de 2.95, seguido por Abaneem 180 con 2.54 de índice de agallamiento y posteriormente *Bacillus thuringiensis* con una media de 2.25.

Cuadro 13. Comparación de medias en la evaluación del Índice de agallamiento radicular con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN- UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Índice de agallamiento	Comparación ($\alpha=0.5$)
Testigo		36.4167	A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	2.9583	B
Abaneem	10 ml/l agua	2.5417	B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	2.2500	B

PF: Producto Formulado

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

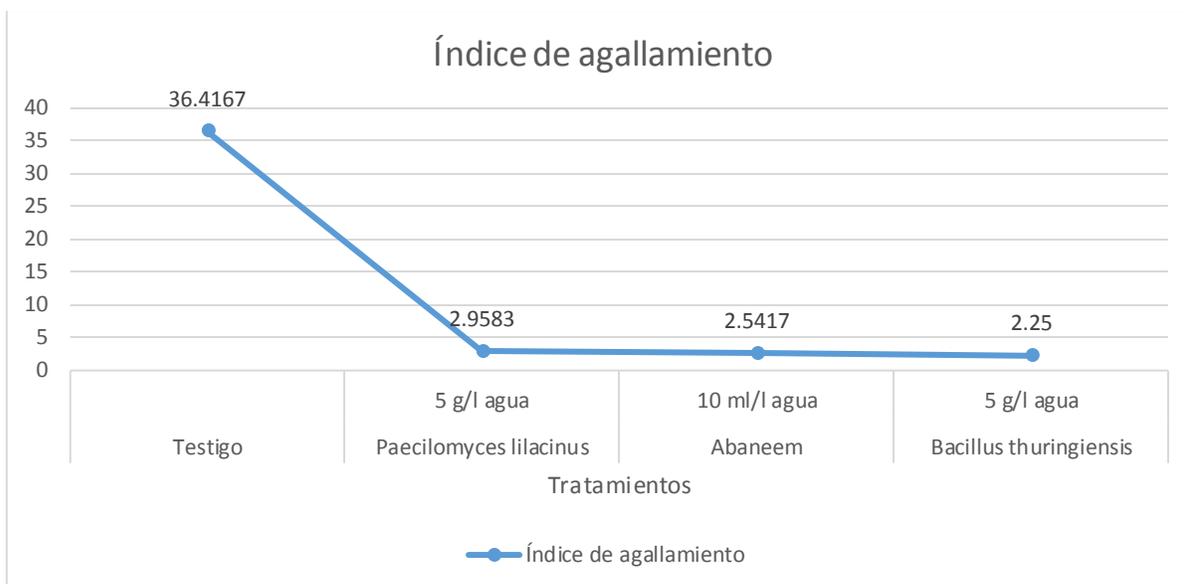


Figura 12. Medias del índice de agallamiento radicular, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus thuringiensis*, Abaneem y un testigo) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En lo referente al diámetro de la base del tallo los tratamientos de *Paecilomyces lilacinus* y Abaneem, mostraron un mayor desarrollo en plantas de tomate en comparación con el tratamiento de *Bacillus thuringiensis* y el testigo.

En lo referente a la longitud de la raíz, longitud del follaje, peso de la raíz y peso del follaje, los 3 tratamientos con nematocidas obtuvieron resultados más positivos en comparación con el testigo.

Con los resultados obtenidos respecto al índice de agallamiento fue sumamente notable la respuesta de los 3 nematocidas biológicos para evitar la excesiva formación de nódulos radiculares en el sistema radicular en comparación con el testigo.

VI. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 1978. Plant Pathology. Academic Press. New York. USA. pp. 510-525.
- Agrios, G.N. 1997. Plant Pathology. 4thEd. San Diego: Academic Press. p. 635.
- Anaya R. y R. Nápoles. 1999. Hortalizas: Plagas y enfermedades. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 64-70.
- Appleman L. and D. Hanmer. 2003. Screening for root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) using lettuce. UW-L Journal of Undergraduate Research VI. 3 p.
- Barbagallo S., P. Cravedi, E.Pasqualini, e I. Patti, 2002, El pulgón en árboles frutales y otros cultivares, Editorial Aedos, S.A. Barcelona España. pp. 11-21.
- Becker, J. O. 2011. Avicta seed coating for protection of carrots against plant parasitic nematodes. Dept. Nematology, University of California, Riverside. p. 5.
- Bewley J., D. and M. Black. 1982. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol. II. Viability, dormancy and environmental control. Springer-Verlag. Berlin. p. 28.
- Brodie, B.B. 1984. Nematodes parasites of potato. In: Manual of Agricultural Nematology. Australia. pp. 166-212.
- Brust, E. G., W. D. Scout and J. M. Ferris. 2003. Root-knot nematode control in Melons. Department of Entomology. Purdue University. [en línea].

<http://www.72.14.205.104/search?q=cache:http://www.entm.purdue.edu/Entomology.com> [Fecha de consulta: 27/08/2019].

Calderoni A.V. 1978. Enfermedades de la papaya y su control. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 148 p.

Carreón. 2019. Producción e intercambio comercial del tomate rojo. [en línea]. <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Produccion-e-intercambio-comercial-del-tomate-rojo-20190411-0086.html> [fecha de consulta: 01/07/2019].

Castagnone, S. P. 2002. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., and their ability to overcome plant resistance genes. *Journal Nematology*. 4(5). pp. 605-608.

Catálogo de productos Versa, 2018. [en línea]. <http://www.grupoversa.mx> [fecha de consulta: 16/10/2019].

Cepeda S., M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, S.A de C.V. México, D.F. p.p. 132- 188.

Cepeda S., M. 2001. Nematodos de los frutales. Editorial Trillas, S.A de C.V. México, D.F. p. 204.

Cepeda S., M. 2004. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, S.A de C.V. México, D.F. p.p. 132- 188.

Cepeda S., M., y G. Gallegos M. 2008. Manejo de plagas cuarentenadas. . Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D. F. 288 p.

Cesaveg (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2019. Manual de plagas y enfermedades de jitomate. México. 29 p.

- Chilealimentos. 2018. Panorama mundial del mercado del tomate 2018. [en línea]. <http://www.chilealimentos.com/wordpress/panorama-mundial-del-mercado-del-tomate-2018/> [fecha de consulta: 21/06/2019].
- Consejo Nacional de Investigación, 1978. Control de nematodos parásitos de plantas Vol. IV. (1a ed.). México. LIMUSA. pp.19 - 46.
- El Siglo de Torreón. 2018. Resumen Económico y de noticias 2018. Torreón, Coah., México. p. 30.
- Esquinas, A. J. y F. V. Nuez. 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. In: El Cultivo del Tomate. F. Nuez. Mundi Prensa. España 13-42 pp.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura 2019. Plagas y enfermedades de las plantas. [en línea]. <http://www.fao.org/emergencias/tipos-de-peligros-y-de-emergencias/plagas-y-enfermedades-de-las-plantas/es/> [fecha de consulta: 20/06/2019].
- Fira (Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura). 2017. Panorama Agroalimentario. México. 24 p.
- Garcia B., P. 2009. Evaluación de fertilizantes foliares, en el desarrollo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. P. 18.
- Google Earth. 2019. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. [en línea] <https://earth.google.com/web/@25.5546092,103.3738292,1120.4944161>

[3a,942.00627616d,35y,323.96910343h,45t,0r/data=ChcaFQoNL2cvMTFieG5d3dmORgCIAEoAg](https://www.inec.org.mx/inec/3a,942.00627616d,35y,323.96910343h,45t,0r/data=ChcaFQoNL2cvMTFieG5d3dmORgCIAEoAg) [fecha de consulta 18/08/2019].

Guerrero, J. C., E. Fernandez y E. Zamora. 2016. Virus del rizado amarillo de la hoja del tomate o virus de la cuchara bajo casas sombra. Universidad de sonora. Hermosillo, Sonora, México. ENFPL-CP-001. 4 p.

Haifa. 2014. Recomendacion nutricional para el tomate. [en línea]. https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Tomate_2014_1.pdf [fecha de consulta: 09/07/2019].

Hortoinfo. 2017. Récord histórico en la producción mundial de tomate, superando los 177.000 millones de kilos. [en línea]. <http://www.hortoinfo.es/index.php/6563-prod-mund-tomate-291217> [fecha de consulta: 21/06/2019].

Infoagro. 2016. El cultivo del tomate. [en línea]. https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate_parte_i_a_sp [fecha de consulta: 04/07/2019].

Infoagro. 1999. El cultivo del tomate. [en línea]. <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate> [fecha de consulta: 20/06/2019].

Inforural. 2012. Jitomate o tomate rojo variedades. [en línea]. <https://www.inforural.com.mx/jitomate-o-tomate-rojo-variedades/> [fecha de consulta: 24/06/2019].

Jatala P. 1985. Biological control of nematodes. En: J.N. Sasser y C.C. Cáster editores. *Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol.1: Biology and Control. North Carolina State University and USAID Raleigh. pp. 303 - 308.

- Jatala P. 1986. Nematodos parásitos de la papa. 2 Ed. Centro Internacional de la Papa (CIP). Boletín de información técnica núm. 8. Lima, Perú. 19 p.
- 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: 01/11/2019].
- Koppert. 2019. Marchitez vascular. [en línea]. <https://www.koppert.mx/retos/control-de-enfermedades/marchitez-vascular/> [fecha de consulta: 17/07/2019].
- Mai, W. F., and H. H. Lyon. 1975. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Fourth Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. 64-65 pp.
- Maluf, W. R., S. M. Acevedo., L. A. Gómez A., and A. C. Barneche. 2002. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. Genet. Mol. Res. 1(1):64-71. [en línea]. http://www.funpeerp.com.br/gmr/year2002/vol11/gmr0008_full_text.html. [fecha de consulta: 24/10/2019].
- Maluf, W. R., S. M. Acevedo., L. A. Gómez A., y A. C. Barneche. 2002. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. Genet. Mol. Res. 1(1):64-71. [en línea]. http://www.funpeerp.com.br/gmr/year2002/vol11/gmr0008_full_text.html. [fecha de consulta: 26/10/2019].

- Martínez P., O. R. 2014. Determinación de producción de fruto fresco de diez poblaciones de chile (*Capsicum annuum* L.) tipo Mirasol. Tesis de licenciatura. UAAAN. Torreón, Coah. México. p. 22.
- Mitkowski, N., A. and G.S. Abawi. 2003. Root-knot nematodes. The Plant Health Instructor. APS. [en línea].
<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/RootknotNematode.aspx>. [fecha de consulta: 01/10/19].
- Mondaca E, 2005, Estrategias para un manejo integrado de mosca blanca y geminivirus en tomates, Fundación Produce Sinaloa A.C., pp. 23-27.
- Muñoz R., J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero, In: J.Z. Castellanos (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero. INTAGRI. México. pp 45 – 91.
- Navarro G., M. 2016. Manejo Integrado de Nematodos en Cultivos Hortícolas. FMC. Guadalajara, Jalisco, México. 186 p.
- Noling, J. W., 2005. Nematode management in cucurbits (cucumber, melons, squash). Entomology and Nematology Department. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. ENY-025. p.104.
- Nuez F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-prensa. P. 50.
- Ortega M., L. D., J. Sánchez O., J Ocampo M., E. Sandoval C., B. A. Salcido R., y F. Manzo R. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate bajo condiciones de Invernadero. Ra Ximhai: 6: pp. 339-346.

- Ortega-Martínez, L. D., J. Sánchez-Olarte, J. Ocampo-Mendoza, E. Sandoval-Castro, B. Salcido-Ramos, y F. Manzo-Ramos. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. *Revistas Científicas de América Latina*. pp. 339-336.
- Osuna L., E. 2005. Uso del Neem para la elaboración artesanal de bioplaguicidas. SAGARPA. INIFAP. Centro de investigación regional del noroeste campo experimental todos santos. La Paz, B.C.S., México. pp. 32.
- Pacheco M., F. 1985. Plagas de los cultivos Agrícolas en Sonora y Baja California. 1 a Ed. Edit. CIANO.SARH.INIA. Campo Agrícola Experimental Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México. pp. 222-223.
- Paz, C. L., and L. Wessel B. 2002. Survey of cucurbit viruses in Puerto Rico. *Cucurbitaceae*. pp.259-264.
- Picken A., J. F., V. Stewart and D. Klapwijk. (1986). Germination and vegetative development. En Atherton, J. G.; Rudich, J. (Eds). *The Tomato Crop*. Chapman and Hall Ltd., New York : 111-165.
- PROANSA (Proveedora Agrícola Del Norte) S.A DE V.C. 2017 Abannem. Hoja desplegable.
- Productores de Hortalizas 2005. Plagas y enfermedades de cucurbitáceas. [en línea]
<http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/CucurbitsSpanish.pdf> [fecha de consulta: 20/10/19].

Productores de Hortalizas PH (Productor de hortalizas). 2014. Plagas y enfermedades de cucurbitáceas. Edición especial. pp 8-22.

Rivera G. 2007. Conceptos Introdutores a la Fitopatología. San José, Costa Rica. [en línea]. }

http://books.google.com.gt/books?id=xpTHXEWG_t8C&pg [fecha de consulta: 21/07/2019].

Román J. y N. Acosta, 1984. NEMATODOS; Diagnóstico y Combate. Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola. Mayagüez, Puerto Rico. 29 p.

Rosas C., V. F. 2011. Evaluación del potencial productivo de tres cultivares de Zanahoria (*Daucus carota* L.) en Valdivia. Tesis de Ingeniería. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 58 p.

Santiago G., J. C. 2006. Manejo Integrado de Nematodos Fitoparásitos cosmopolitas (Gemmar) en el cultivo de plátano [en línea]. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. <http://www.uprm.edu/oeg/tesis/santiagogonzalez.pdf>. [fecha de consulta: 27/10/19].

Sasser, J. N. 1977. Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. Journal Nematology. 9(1): 26-29 pp.

Seminis. 2019. Marchitamiento fúngico. [en línea]. <https://seminis-las.com/recursos/guias-de-enfermedades/cruciferas/damping-wirestem/> [fecha de consulta: 14/07/2019].

Taylor A. L. and J.N. Sasser. 1978. Identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) crop. Publ. Dep. Plant Pathol, North Carolina State Univ. and U.S. Agency Int. Dev. Raleigh, N.C. p. 111.

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.

Torres P., A. 2017. Manual del cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín INIA N° 12. México. 112. 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/watermelonnema.html>. [fecha de consulta: 29/08/2019].

University of California Davis (UCDb). 2006. *Meloidogyne incognita*, Taxonomy, Common Name, Disease. (UCDa). [en línea]. <http://ucdnema.ucdavis.edu/imagemap/nemmap/ENT156HTML/nemas/meloidogyneincognita>. [fecha de consulta: 27/10/19].

University of California Davis. (UCDa), 2006. Control de Nematodos. (UCDa). [en línea]. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxamnus/G076mnu.htm> [Fecha de consulta: 28/10/19].

University of Florida and Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), 2008. Management Integrated of Nematodes. (UF/IFAS). [en línea]: <http://edis.ifas.ufl.edu/ng032> [fecha de consulta: 28/10/17].

University of Florida and Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), 2008. Management Integrated of Nematodes. (UF/IFAS). [en línea]. <http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://edis.ifas.ufl.edu/NG032&sa=X&oi=translate&resnum=2&ct=result&prev=zsearch%3%20Fq%3DManagement%2Bintegrated%2Bnematodes%26hl%3Des>. [fecha de consulta: 21/10/11].

Vázquez–Pineda A., N. G. Yáñez–Pérez, M. E. López–Bravo, P. Mendoza–de–Gives, E. Liébano–Hernández, and A. Parra. 2014. Biochemical characterization of two purified proteins of the IB–16 *Bacillus thuringiensis* strains and their toxicity against the sheep nematode *Haemonchus contortus* in vitro. TBED 2014; 57: pp. 111–114.

Vicente E., N. 2012. Conjunto Tecnológico para la Producción de Calabaza. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. p. 155.

Von Haeff J., N. M. 1983. Manuales para educación agropecuaria, Área: Producción Vegetal (16), Editorial Trillas, D.F., México: 9-53 pp.

Yara. 2019. Como Aumentar la producción de tomate. [en línea]. <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/tomate/> [fecha de consulta: 10/07/2019].

Zavaleta M., E., 1999 "Especies de nematodos que dañan las hortalizas". En Hortalizas, plagas y enfermedades. Dirs. Anaya R., S. y Romero N., J. Trillas. pp. 63 – 76.