

**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 *Cucurbita pepo* L., bajo condiciones de macrotúnel

POR

Alexis Gabriel Pivaral Chavez

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 *Cucurbita pepo* L., bajo condiciones de macrotúnel

POR:

Alexis Gabriel Pivaral Chavez


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 *Cucurbita pepo* L., bajo condiciones de macrotúnel

POR:

Alexis Gabriel Pivaral Chavez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

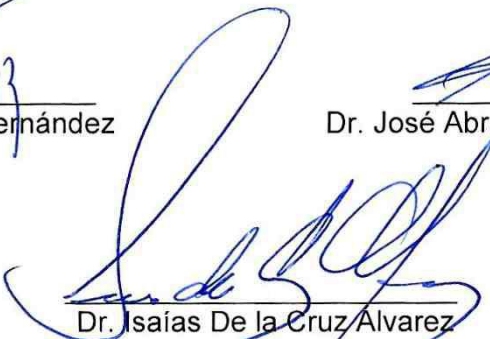
Aprobada por:


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**, por darme siempre la fuerza para continuar en lo adverso, por guiarme en el sendero de lo sensato y darme sabiduría en las situaciones difíciles.

A mi **Alma Terra mater**, por aceptarme a ser parte de ella y por brindarme una formación como profesionista.

A mis **padres**, Sra. Floriselda Chávez Roblero y Sr. Tereso Pivaral López, que siempre han estado a mi lado brindándome apoyo y consejos para hacer de mí el deseo de superación.

Al Ing. **José Alonso Escobedo**, por brindarme su apoyo durante el desarrollo de mi trabajo de tesis y por ser mi tutor durante el transcurso de la carrera.

A mis **asesores**, Dr. Alfredo Ogaz, Dr. José Abraham Obrador Sánchez y 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 amistad, amabilidad y apoyo brindado en el laboratorio de parasitología de la UAAAN-UL.

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

A los **maestros**, Ing. José Alonso Escobedo, Dr. José Abraham Obrador Sánchez, Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores, Dra. Ma. Teresa Valdés Perezgasga, M. E. Javier López Hernández, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, QFB. Norma Lidia Rangel Carrillo, Lic. Luz Marcela Villarreal, Dr. Isaías De la Cruz Álvarez, Lic. Alma Barrón Padilla, MVZ. Eric Reyes, Dr. Marcial Reyes Oliva, M. C. José Villarreal Reyes, Lic. Claudia Fernández, Lic. Beatriz Arias Díaz, Profra. Esmeralda Santiago Choy, Lic. Anel Jazmin Gutiérrez Ordoñez y Lic. Yuriria Guzmán Palacios, por brindarme su conocimiento y experiencias para poder llegar a obtener un título profesional.

DEDICATORIA

A mis **padres**, por el apoyo brindado que, con su amor recibido, dedicación y palabras de aliento, nunca bajaron los brazos aun cuando todo se complicaba.

A mis **hermanas y hermano**, Dalia, Flor Liliana, Mireya Anahí, Yetzani Irazú y Leyver Obed, esperando que este esfuerzo represente un ejemplo para ellos.

A mis **abuelas**, Luvia López Bravo y Clementina Roblero Ramírez, por sus consejos y cariño brindado.

Al **Dr.** Luvin Santos Guillén y **Dra.** Paola Gely Guzmán Coutiño, por ser mis segundos padres, demostrándome su apoyo incondicional y la confianza que depositaron en mí para lograr una carrera universitaria.

A **personas valiosas**, Flor Liliana Pivaral Chavez, Ing. Uriel Pérez Lara, Ing. Nancy Puebla Valles, Luis Pablo Mendoza Arias, Luis Ángel Elizarraras Cruz, Lic. Patricia Infante Lara y Liliana Hernández Cabrera, por estar en los momentos más importantes en mi vida.

A mis **amigos**, Ing. Jesús Abelardo Martínez, Ing. Blanca Enríquez, José Alex Jiménez Cruz, A. Mauricio Cano Sandoval, Victorio Marcelino Cecilio, Betel Roblero Vázquez, José Enrique Nicio Ventura, David Carmona Luna, Regino Vázquez Montiel y Angélica Méndez Ramírez, 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: Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH) en el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) tipo Round Zucchini, 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: el diámetro de la base del tallo, señaló que el testigo sin aplicación con una media de 1.73 cm y *B. thuringiensis* con 1.69, resultaron estadísticamente iguales y los tratamientos con *P. lilacinus* y Abaneem 180, resultaron estadísticamente iguales con un valor de diámetro del tallo de 1.64 y 1.63 respectivamente. La evaluación de longitud de la raíz, nos demuestra que los tratamientos de Abaneem 180 y Testigo sin aplicación resultaron estadísticamente iguales con una mayor longitud de raíz de 24.16 cm y 21.54 cm respectivamente. Seguidos por el tratamiento con *P. lilacinus* con una media de 21.33 cm y

posteriormente *B. thuringiensis* con una media de 17.50 cm de longitud de raíz. La evaluación de la longitud del follaje, nos señala que los tratamientos que resultaron estadísticamente iguales con mayor longitud de follaje fueron el tratamiento con *P. lilacinus* con una media de 36.79 cm y el testigo sin aplicación con una media de 34.91 cm. Asimismo, se presentó una diferencia significativa con el tratamiento *B. thuringiensis* con una media de 33.37 cm y seguido con un menor valor con el tratamiento de Abaneem 180 con una media de 31.16 cm. La evaluación del peso de la raíz, muestra que todos los tratamientos resultaron con una significancia estadísticamente semejante. La evaluación del peso de follaje, señala que de los tratamientos que presentan un valor estadísticamente igual fueron el testigo sin aplicación con una media de 86.79 g, seguido por *P. lilacinus* con una media de 78.12 g, Abaneem 180 con una media de 78.83 g y posteriormente presentó diferencia *B. thuringiensis* con una menor media de 63.66 g de peso de follaje. Los resultados de la evaluación del índice de agallamiento, señalaron que el de mayor significancia estadísticamente hablando, fue el tratamiento testigo sin aplicación, con una media de 36.79, mientras que el resto de los tratamientos resultaron con valores estadísticamente iguales, entre los cuales *B. thuringiensis* presentó una media de índice de agallamiento de 0.75, seguido por *P. lilacinus* con 0.50 y posteriormente Abaneem 180 con una media de 0.29.

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

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen del cultivo de la calabacita	4
2.2 Características generales.....	4
2.3 Clasificación taxonómica	5
2.4 Características morfológicas de la calabacita.....	5
2.4.1 Raíz y tallo	5
2.4.2 Hojas	6
2.4.3 Flores	6
2.4.4 Fruto.....	6
2.5 Distribución geográfica	6
2.6 Variedades o especies cultivadas.....	7
2.7 Valor nutricional	7
2.8 Importancia del cultivo de calabacita en el mundo	8
2.9 Importancia del cultivo de calabacita en México	8
2.10 Producción y superficie sembrada en el mundo	8

2.11 Producción y superficie sembrada en México	10
2.12 Producción y superficie sembrada en la Comarca Lagunera	11
2.13 Usos.....	11
2.14 Comercialización	11
2.15 Manejo del cultivo.....	11
2.15.1 Temperatura	11
2.15.2 Humedad.....	12
2.15.3 Suelos.....	12
2.15.4 Nutrición.....	13
2.16 Problemas fitosanitarios de la calabacita	13
2.16.1 Plagas que atacan el cultivo de calabacita	13
2.16.2 Mosquita blanca <i>Bemisia argentifolii</i> (Bellows & Perring) de la hoja plateada.....	14
2.16.3 Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande).....	14
2.16.4 Minador de la hoja (<i>Liriomyza sativae</i> Blanchard).....	15
2.16.5 Pulgón (<i>Aphis gossypii</i> Glover).....	15
2.17 Enfermedades que atacan el cultivo de calabacita	16
2.18 Enfermedades causadas por hongos	16
2.18.1 Antracnosis (<i>Colletotrichum lagenarium</i> Ellis & Halst).....	16
2.18.2 Cenicilla polvorienta (<i>Erysiphe cichoracearum</i> D.C.).....	16
2.19 Enfermedades causadas por virus	17
2.19.1 Virus del mosaico del pepino (CMV)	17
2.19.2 Virus mosaico amarillo del zucchini (ZYMV).....	18
2.20 Enfermedades causadas por nematodos.....	18
2.21 Historia de los nematodos	18

2.22 Nematodos que afectan la calabacita	19
2.22.1 <i>Pratylenchus</i> spp. (Nematodo lesionador)	19
2.22.2 <i>Rotylenchulus reniformis</i> (Nematodo reniforme)	20
2.22.3 <i>Meloidogyne</i> spp. (Nematodo nodulador)	20
2.23 Nematodos agalladores	20
2.23.1 Ubicación taxonómica de <i>Meloidogyne incognita</i>	21
2.23.2 Características morfológicas del nematodo de los nódulos radiculares	21
2.23.3 Ciclo de vida	23
2.23.4 Daños y síntomas	24
2.23.5 Especies de <i>Meloidogyne</i>	25
2.23.6 Hospederos	26
2.24 Índice de agallamiento	26
2.25 Manejo integrado de nematodos	27
2.26 Métodos de control.....	28
2.26.1 Control cultural	29
2.26.2 Barbecho	29
2.26.3 Inundación	30
2.26.4 Solarización	30
2.26.5 Rotación de cultivos	30
2.26.6 Variedades resistentes	31
2.26.7 Tratamiento a la semilla	31
2.26.8 Control biológico	32
2.26.9 Control químico	33
2.27 Productos a utilizar en el presente estudio	35

2.28 Neem (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.)	35
2.29 Abaneem 180 (Abamectina + Neem).....	36
2.30 <i>Bacillus thuringiensis</i>	37
2.31 <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (DIPEL DF®).....	38
2.32 <i>Paecilomyces lilacinus</i>	39
2.33 <i>Paecilomyces lilacinus</i> (CHIMAL® 6.53 PH)	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera	42
3.2 Características del clima	42
3.3 Localización del experimento	42
3.4 Variedad utilizada	43
3.5 Diseño experimental	43
3.6 Muestreo de suelo	44
3.7 Siembra	44
3.8 Tratamientos.....	47
3.9 Emergencia.....	47
3.10 Riego	47
3.11 Luz artificial.....	47
3.12 Labores culturales	47
3.13 Fechas de aplicaciones	48
3.14 Control de plagas y enfermedades.....	50
3.15 Registro de datos	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1 Vigor de las plantas	53
4.2 Diámetro de la base del tallo	53

4.3 Longitud de la raíz.....	55
4.4 Longitud del follaje.....	56
4.5 Peso de la raíz	58
4.6 Peso del follaje	59
4.7 Índice de agallamiento radicular	61
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
VI. LITERATURA CITADA.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Países con mayor producción de calabacita 2013.	10
Cuadro 2. Duración del ciclo de vida de <i>Meloidogyne</i> según la temperatura.	24
Cuadro 3. Productos químicos autorizados para el uso contra nematodos fitoparásitos.....	34
Cuadro 4. Uso de <i>Paecilomyces lilacinus</i> como nematocida.....	41
Cuadro 5. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar Abaneem 180 (I), <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF) (II), <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH) (III), Testigo (IV), aplicados para control del nematodo agallador (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2018.	44
Cuadro 6. Tratamientos y dosis a evaluar en plantas de calabaza (<i>Cucurbita pepo</i> L.) para el control del nematodo agallador de la raíz (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2018.	45
Cuadro 7. Aplicaciones de los productos formulados: Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF) y <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH)..	49
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	54
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación de longitud de raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. México. 2018.	55

Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	57
Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	58
Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	60
Cuadro 13. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento radicular con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de calabacita en miles de toneladas, periodo 2012-2017.	9
Figura 2. Macetas con suelo para realizar el experimento.	43
Figura 3. Productos utilizados en el experimento.	46
Figura 4. Siembra del cultivo de calabacita.	46
Figura 5. Remoción del suelo.	48
Figura 6. Aplicación de los productos a los tratamientos.	49
Figura 7. Aplicación de insecticida-acaricida.....	50
Figura 8. Toma de datos.	52
Figura 9. Medias en la evaluación del diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Abaneem 180</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	54
Figura 10. Medias en la evaluación de la longitud de la raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Abaneem 180</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	56
Figura 11. Medias en la evaluación de la longitud del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Abaneem 180</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de calabacita <i>Cucurbita pepo</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	57

Figura 12. Medias en la evaluación del peso de la raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....59

Figura 13. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....60

Figura 14. Medias del índice de agallamiento radicular, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....62

I. INTRODUCCIÓN

La calabaza, de la familia de las cucurbitáceas, es uno de los vegetales de mayor importancia en México, debido a la diversidad del género *Cucurbita*. Su consumo es muy popular gracias a su alto nivel nutricional y propiedades de resistencia que le permite desarrollarse de manera óptima en diversas regiones (Lira, 1996).

En México la producción de calabaza es considerada importante al formar parte de la dieta alimenticia y ser de los principales cultivos entre los que también se encuentran el maíz y el frijol. El país se ubica como el sexto productor de *Cucurbita pepo* a nivel mundial (Infoagro, 2010).

El cultivo de calabacita presenta plagas y enfermedades que disminuyen su rendimiento y calidad de frutos. Presentando enfermedades fúngicas como: mildiú (*Pseudoperonospora cubensis*) cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*), oidiopsis (*Leveillula taurica*), entre otras (Blancard *et al.*, 1991). Dentro de las plagas se encuentra: la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifoli*) minador de la hoja (*Liriomyza sativa* y *L. trifolii*), pulga saltona (*Epitrix cucumeris*) y araña roja (*Tetranychus* spp.), entre otras (Ramírez *et al.*, 2002).

Entre las plagas que habitan en el suelo, el de mayor importancia para los cultivos son los nematodos fitoparásitos, debido a que establecen una relación íntima de plantas hospederas con estos microorganismos (Navarro, 2016). Los nematodos causan, cada año, una pérdida estimada de 14% en cultivos de

hortalizas y frutales económicamente importantes en los Estados Unidos de América (Appleman y Hanmer, 2003).

Dentro de los nematodos de mayor significancia en las cucurbitáceas se encuentran: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Rotylenchulus reniformis*, sus niveles poblacionales pueden variar dependiendo de factores ambientales y edáficos de la zona agrícola en cuestión (Vicente, 2012).

El género *Meloidogyne*, 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). Actualmente se reportan en el mundo 75 especies del nematodo agallador *Meloidogyne* (UCDa, 2006).

La calabaza es extremadamente susceptible al nematodo del género *Meloidogyne*, las especies más frecuentes son: *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*. La presencia de este nematodo se detecta por la aparición de agallas en las raíces. Los síntomas aéreos observables en la planta son marchitez, amarillamiento, falta de vigor, enanismo, disminución en los rendimientos y en la calidad de los frutos (Vicente, 2012).

En el presente trabajo se pretende demostrar la eficacia de nematicidas biológicos para el control de *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de calabacita, bajo condiciones de macrotúnel.

1.1 Objetivo

Evaluar la eficacia de nematicidas biológicos aplicados al sistema radicular en cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L. tipo Round Zucchini, 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 biológicos en el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) evitara el daño a raíces por la penetración de formas infectivas J2 del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones de macrotúnel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cultivo de la calabacita

El origen de la calabacita no está del todo claro, por una parte, parece ser procedente de Asia. Su nombre aparece entre las hortalizas citadas por egipcios y existen pruebas de que también eran conocidos por los romanos (infoagro, 2010).

Otras fuentes atribuyen que *Cucurbita pepo* es originaria del centro de México y América central donde se cultiva desde 7,000 años A.C. En épocas prehistóricas su cultivo se extendió por el sureste de Estados Unidos, pero hacia el sur posiblemente no pasó de Guatemala. Fue introducida a Europa y Asia poco tiempo después del descubrimiento. Por su adaptabilidad a regiones templadas se extendió rápidamente por el viejo mundo (León, 1987).

2.2 Características generales

La calabacita, de la familia de las cucurbitáceas (*Cucurbita pepo* L.), en México es importante por su consumo y se le atribuye a la variedad de tipos criollos que existen en las diferentes regiones del país (Villanueva, 2007).

2.3 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Subfamilia: Cucurbitoideae

Género: *Cucurbita* L., 1753

Especie: *pepo* L., 1753

Fuente: Lira y Rodríguez, 2008.

2.4 Características morfológicas de la calabacita

2.4.1 Raíz y tallo

Las raíces son fibrosas y anuales tuberiformes de almacenamiento. Los Tallos son huecos, rectos o casi rectos, diversamente cubiertos de vellos o casi glabros, con frecuencia produciendo raíces adventicias en los nudos, forma un eje central de crecimiento limitado. Sobre el tallo se insertan unas hojas con un pecíolo importante (Lira *et al.*, 2009).

2.4.2 Hojas

Las hojas son lobuladas, de menor tamaño que las de las calabazas, presentan vellos, son de color verde oscuro y con manchas blancas en ocasiones (Lira *et al.*, 2009).

2.4.3 Flores

Las flores son grandes, con pétalos amarillos anaranjado, presentan flores masculinas y femeninas separadas, las primeras siempre aparecen primero tienen tallo muy largo y delgado, a diferencia de las femeninas (Lira *et al.*, 2009).

2.4.4 Fruto

El fruto se consume todavía inmaduro, puede variar en forma, tamaño y color, por lo general es de color verde claro, aunque existen calabacitas para consumo fresco de color verde oscuro que alcanzan una longitud de 12 a 15 cm, las semillas son generalmente de color blanco, crema o ligeramente café, son más pequeñas que las de las calabazas y tienen un reborde muy marcado. El pedúnculo de inserción con el fruto es pentagonal y no se engrosa en la unión con el fruto, se vuelve muy duro cuando el fruto madura (SIAP, 2011).

2.5 Distribución geográfica

Es difícil obtener datos de superficie y producción de la calabacita por países productores, ya que la mayor parte de ellos incluyen en las estadísticas oficiales calabazas y calabacitas conjuntamente, además, el cultivo está extendido por todo el mundo, y gran parte de la producción se lleva a cabo en pequeñas parcelas, para autoconsumo o mercados locales (Infoagro, 2010).

2.6 Variedades o especies cultivadas

La familia Cucurbitaceae alberga 118 géneros con aproximadamente 830 especies (Jeffrey, 1990). El género *Cucurbita* es uno de los más importantes, cuenta con 27 especies conocidas como calabazas, entre ellas están: *C. pepo* (calabaza de india), *C. ficifolia* (chilacayote), *C. moschata* (calabaza de castilla); *C. maxima* (calabaza kabosha) y *C. argyrosperma* (calabaza pipiana). Las calabazas se encuentran ampliamente distribuidas en México (Lira-Saade, 1995). En México existen 38 géneros de las subfamilias (Cucurbitoideae y Zanoninoideae) con 136 taxa (especies y taxa infraespecíficos) (Lira y Rodríguez, 1999).

La adaptación ambiental para cultivar las especies, es la siguiente: *C. moschata* en lugares cálidos, con altitud menor de 1000 msnm; *C. pepo* en lugares con altitud superior a 1000 msnm; *C. ficifolia* en altitudes mayores de 1300 msnm, *C. máxima* en lugares con clima templado; y *C. argyrosperma* generalmente en zonas por debajo de los 1800 m, con climas cálidos y algo secos (Villanueva, 2007).

2.7 Valor nutricional

La calabacita es rica en vitaminas de complejo B, folato, B6, B1, B2, B3, y colina. También contiene minerales como hierro, manganeso y fósforo; es rica en antioxidantes de flavonoides como zeaxantina, caroteno y luteína. Además, es una maravillosa fuente de potasio, un nutriente amigable con el corazón, que ayuda a moderar la presión sanguínea (Inforural, 2019).

2.8 Importancia del cultivo de calabacita en el mundo

A nivel mundial la familia de las cucurbitáceas es sumamente relevante; por ejemplo, muchas de sus especies están entre las plantas domésticas de mayor interés para el hombre, ya que varias de ellas han sido parte fundamental de la dieta y otras facetas de la vida humana en el mundo; existen especies silvestres de distribución muy restringida y algunas de ellas están relacionadas con plantas cultivadas de importancia económica (Lira *et al.*, 1998).

2.9 Importancia del cultivo de calabacita en México

En México la diversidad genética y taxonómica de calabazas es muy grande, principalmente en forma, tamaño, coloración del fruto, número y tamaño de semillas, calidad, color y grosor de la pulpa del fruto, precocidad en producción de fruto, tolerancia a plagas y enfermedades, entre otras características. Los agricultores tradicionales mexicanos han mantenido sus poblaciones locales de calabaza intercambiando semillas con agricultores de áreas cercanas, a nivel local (Sánchez-Hernández *et al.*, 2014).

2.10 Producción y superficie sembrada en el mundo

La producción mundial de calabacita va en aumento (figura 1), la producción en el año 2012 era de más de 24 millones de toneladas y en el año 2017 se registró una producción de casi 30 millones de toneladas (Statista, 2019).

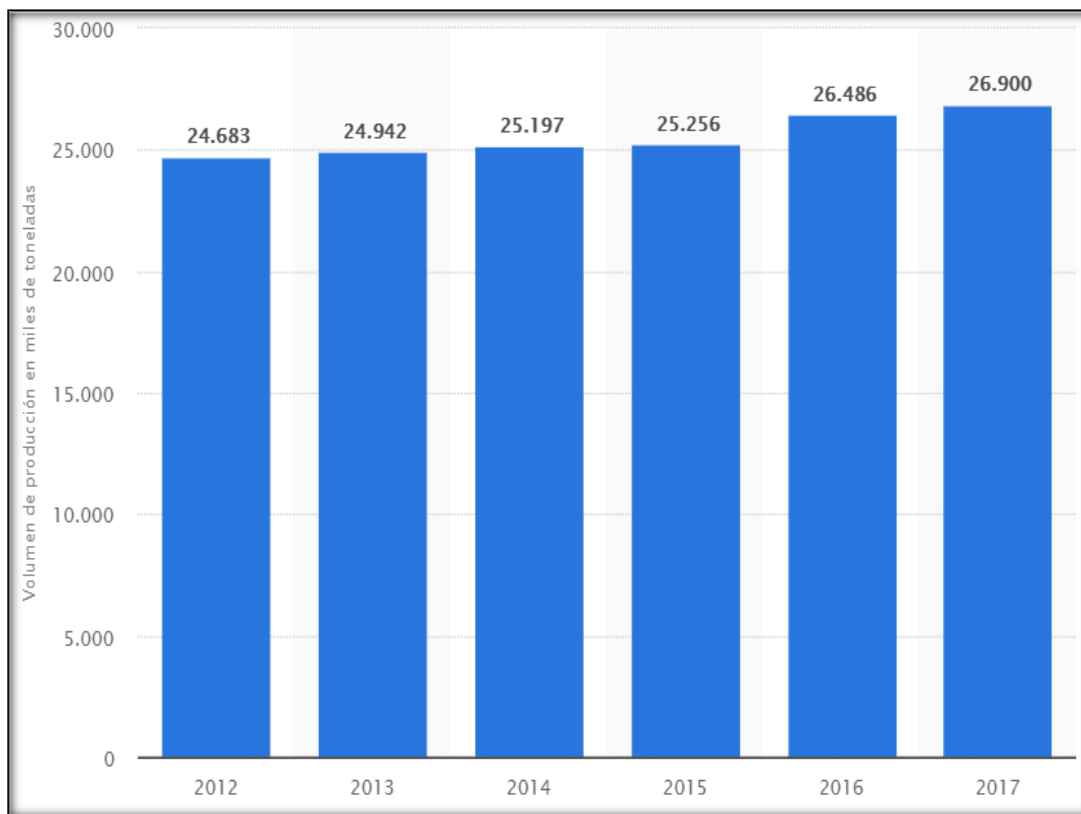


Figura 1. Producción mundial de calabacita en miles de toneladas, periodo 2012-2017.

Los 10 primeros países productores de calabacita en el mundo, de acuerdo a datos del organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), corresponden al año 2013 (Cuadro 1), último año del que la citada oficina de estadística dispone de datos a nivel mundial (Hortoinfo, 2015). Sin embargo, México actualmente es el sexto productor mundial de calabacita, con más de 550 mil toneladas, destacó la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) (Inforural, 2019).

Cuadro 1. Países con mayor producción de calabacita 2013.

Producción de calabacita (Toneladas).	
China	7.155.250
India	4.900.000
Rusia	1.128.205
Irán	897.293
EE.UU.	796.872
Ucrania	610.800
México	544.988
Egipto	543.334
España	533.200
Italia	530.000

Fuente: FAO 2013.

2.11 Producción y superficie sembrada en México

De acuerdo con el cierre preliminar 2017, la producción nacional fue de 547.1 mil toneladas, cosechadas en una superficie sembrada de 29 mil 579 hectáreas, siendo México el séptimo productor de calabacita a nivel mundial. Con excepción de los estados de Chiapas y Tabasco, esta cucurbitácea se produce en todo el país, los principales productores son Sonora, con más de 180 mil toneladas; seguida de Puebla, con más de 62 mil toneladas y Sinaloa, con más de 51 mil toneladas. México exporta tres cuartas partes de su producción nacional, siendo Estados Unidos su destino principal (SIAP, 2018).

2.12 Producción y superficie sembrada en la Comarca Lagunera

La delegación de SAGARPA en la Región Lagunera, registró en el año 2018 una superficie de 210 hectáreas de calabacita, con una producción de 6,073 toneladas y con un valor de producción de \$27,471,762 (El Siglo de Torreón, 2018).

2.13 Usos

Es una hortaliza muy versátil de la que se puede realizar una gran cantidad de productos como dulces, cremas, aceites, budines, conservas, mermeladas y encurtidos, entre otros elementos (El Poder del Consumidor, 2015). Para consumo en algún platillo se utiliza el fruto y la flor que forma parte de una amplia variedad de platillos tradicionales de nuestro país o también como uso forrajero, sobre todo en la explotación avícola, bovina e incluso equina (Claridades Agropecuarias, 1999).

2.14 Comercialización

En México la producción de calabaza es considerada como una opción de comercio rentable debido a la importante derrama económica que se genera por la demanda que existe tanto a nivel nacional como a nivel mundial (Hydro Environment, 2016).

2.15 Manejo del cultivo

2.15.1 Temperatura

La calabacita es una hortaliza de clima cálido, no tolera heladas, la temperatura para la germinación debe ser mayor de 15° C, siendo el rango óptimo

de 22 a 25° C; la temperatura para su desarrollo tiene un rango de 18 a 35° C, con temperaturas frescas y días cortos hay mayor formación de flores femeninas (Valadez, 1990).

2.15.2 Humedad

La gran masa foliar de la planta y el elevado contenido en agua del fruto (alrededor de 95%), indican que se trata de un cultivo exigente en agua, por lo que el rendimiento dependerá en gran medida de la disponibilidad de agua en el terreno. No obstante, los excesos de humedad en el suelo impiden la germinación y pueden ocasionar asfixia radicular, y una escasa humedad puede provocar la deshidratación de los tejidos, la reducción del desarrollo vegetativo, una deficiente fecundación por caída de flores, redundando en una disminución de la producción y un retraso del crecimiento (Infoagro, 2017).

2.15.3 Suelos

Es poco exigente en suelo, adaptándose con facilidad a todo tipo de suelos, aunque prefiere aquellos de textura franca, profunda y bien drenada. Sin embargo, se trata de una planta muy exigente en materia orgánica. Los valores de pH óptimos oscilan entre 5.6 y 6.8 (suelos ligeramente ácidos), aunque puede adaptarse a terrenos con valores de pH entre 5 y 7, a pH básico pueden aparecer síntomas carenciales, excepto si el suelo está enarenado. Es una especie medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego, (menos que el melón y la sandía y más que el pepino) (Infoagro, 2017).

2.15.4 Nutrición

Para este cultivo existe un amplio margen de fertilización, el cual dependerá principalmente en función de la extracción del cultivo y en menor grado a la cantidad de nutrientes del suelo. Para una producción media de 80 a 100 ton/ha, las extracciones medias oscilan entre: 200-225 kg de nitrógeno, 100-125 kg de fósforo y 250-300 kg de potasio, lo que supone un equilibrio aproximado de 2-1-2.5 (Editorial Panorama, 2018).

Los fertilizantes de uso más extendido son los fertilizantes simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado fertilizantes complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los fertilizantes simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo (Editorial Panorama, 2018).

2.16 Problemas fitosanitarios de la calabacita

2.16.1 Plagas que atacan el cultivo de calabacita

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo de la calabacita desde la siembra, desarrollo vegetativo, amarre de fruto, cosecha, la calabacita es atacado por diferentes plagas (Ramírez *et al.*, 2002). La presencia de plagas varía según el ciclo agrícola en el que se siembre el cultivo, lo más común es que se registren más insectos dañinos en el ciclo primavera-verano, ya que se presentan las condiciones

óptimas para el desarrollo de los insectos, mientras que en el ciclo otoño-invierno se presenta una menor incidencia de plagas (Ruiz, 2012).

2.16.2 Mosquita blanca *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring) de la hoja plateada

Este insecto mide entre 0.8 a 1.2 mm, su cuerpo es de color amarillo pálido y las alas son de color blanco. Al eclosionar los huevecillos, las ninfas pasan por cuatro estadios, cuyo tamaño varía de 0.3 a 0.6 mm, de acuerdo a la etapa de desarrollo. Presentan un aparato bucal picador-chupador, que les sirve para succionar la savia de las plantas, su alimentación en la calabacita frecuentemente causa que las hojas del cultivo se tornen blanquecinas a plateadas. Los daños que ocasiona es la deshidratación de las plantas, esto ocurre con poblaciones de moderadas a altas y la producción de mielecilla da origen al crecimiento de fumaginas (CESAVEDF, 2012).

2.16.3 Trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande)

Los trips son insectos pequeños y alargados con partes bucales desarrolladas para succionar y raspar, los adultos miden aproximadamente 1-3 mm de longitud, con dos pares de alas estrechas con flecos, que les permiten ser arrastrados por el viento a grandes distancias. Estos causan daño a las flores y a los nuevos brotes durante el crecimiento en los estados tempranos del cultivo, si las poblaciones son severas pueden dañar los frutos inmaduros, además dejan una coloración plateada y deformaciones en las hojas provocando que las orillas de éstas tiendan a curvarse hacia el envés (OIRSA, 2002).

2.16.4 Minador de la hoja (*Liriomyza sativae* Blanchard)

El adulto mide de 1.4 a 2.3 mm de longitud. Presenta una coloración amarillenta, con manchas negras y tiene las alas claras. La hembra tiene en el abdomen una mancha amarilla muy pronunciada, las larvas son de tipo vermiforme, sin patas, ni cabeza evidente y de color ocre anaranjado. Esta especie inserta los huevos en las hojas y las larvas se alimentan entre las superficies de las hojas, lo que crea una galería, el minado de la hoja tienen forma de “S”, en las hojas dañadas, se reduce la eficacia fotosintética, si esto sucede al comienzo del periodo de fructificación, la defoliación podría reducir el rendimiento y el tamaño del fruto y exponer éste a las quemaduras por efecto del sol (PH, 2014).

2.16.5 Pulgón (*Aphis gossypii* Glover)

La ninfa mide hasta 2 mm, presenta una coloración de verde claro a amarillento, sifones más oscuros y posibles secreciones ceras. Los adultos miden de 1 a 2 mm, los ápteros son color de verde a negro en función de su alimentación. Presenta aparato bucal chupador-picador. Este insecto se alimenta de las hojas de la calabacita, succionando la savia, como resultado, las hojas se enrollan hacia abajo y se arrugan; prosigue el marchitamiento y la decoloración de la hoja. Los áfidos tienden a extenderse rápidamente de un campo a otro propagando así una serie de enfermedades virales en cucurbitáceas, que pueden sufrir daños de 60 a 100 % de la producción (Bermejo, 2011).

2.17 Enfermedades que atacan el cultivo de calabacita

En la calabacita se debe de tener atención a determinadas enfermedades producidas por hongos y virus ya que son las que provocan más daños a este cultivo (Ruiz, 2012). Se presentan diferentes enfermedades en el cultivo de calabacita.

2.18 Enfermedades causadas por hongos

Los hongos son los principales microorganismos que causan enfermedades al cultivo de la calabacita, estos fitopatógenos los encontramos dañando a toda la planta durante todo el ciclo del cultivo (Bastarrachea, 2007).

2.18.1 Antracnosis (*Colletotrichum lagenarium* Ellis & Halst)

La antracnosis es causada por el hongo *C. lagenarium*, causa lesiones sobre las hojas, frutos y tallos. Las lesiones sobre el follaje son de color café bronceado. Presenta estrías o rayas de color café claro a negro se desarrollan sobre el tallo o los peciolo, lesiones redondas y hundidas pueden aparecer sobre el fruto. Estas lesiones primero son acuosas y luego se tornan de un color verde oscuro a café (OIRSA, 2002).

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

La cenicilla es un fitopatógeno obligado que infecta a la mayoría de las cucurbitáceas, los organismos causales de la enfermedad son los hongos *E. cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*. 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, 2005).

2.19 Enfermedades causadas por virus

A nivel mundial existen más de 50 virus capaces de infectar en forma natural o experimental a una o más especies de cucurbitáceas; sin embargo, al menos 25 virus se detectan en forma natural (Bastarrachea, 2007). Los virus son otros agentes causales de enfermedades en las cucurbitáceas y son responsable de malformaciones, moteado de hojas y frutos; entre más temprana sea la infección, mayores son los daños, ya que por lo general producen aborto de flores y las plantas producen poco o ningún fruto (Jiménez, 1996).

2.19.1 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).

2.19.2 Virus mosaico amarillo del zucchini (ZYMV)

A pesar de que tiene características similares a las del virus mosaico de la sandía (WMV) en cuanto a la transmisión de virosis causada por áfidos, su rango de hospederos no se limita a las cucurbitáceas. Los síntomas foliares en calabacita, melón y sandía consisten en mosaico amarillo, distorsión y decaimiento. Los frutos permanecen pequeños, con grandes malformaciones y jaspeado verde (PH, 2014).

2.20 Enfermedades causadas por nematodos

Los nematodos del suelo son microorganismos que provocan la hipertrofia de las raíces, causan necrosis y podredumbre de los tejidos y raíces, el sistema radicular de las plantas atacadas muestra una fuerte ramificación. El crecimiento de la planta queda obstaculizado, las plantas muestran marchitez y se debilitan. En general las plantas atacadas por nematodos no demuestran tantas diferencias en sus síntomas como los que ocurren en plantas atacadas por hongos y bacterias. Aparte de los síntomas del ataque de nematodos, las lesiones que les ocasionan pueden favorecer la entrada de enfermedades fúngicas, bacterianas y virales (FIAV, 2008).

2.21 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).

2.22 Nematodos que afectan la calabacita

2.22.1 *Pratylenchus* spp. (Nematodo lesionador)

El nematodo lesionador es el segundo en importancia por ataque a 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).

2.22.2 *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 presentan pequeñas lesiones necróticas alrededor del punto donde el nematodo está adherido a la raíz. Las plantas pierden vigor y se observa una reducción en el tamaño y en el peso de las partes aéreas (Vicente, 2012).

2.22.3 *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).

La calabaza es extremadamente susceptible a este nematodo. Las especies más frecuentes del género *Meloidogyne* que se pueden asociar al cultivo de calabaza son: *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*. La presencia de este nematodo se detecta por la aparición de agallas (nódulos o hinchazones) en las raíces. En casos de ataque masivo, los nódulos pueden aparecer hasta en la base del tallo (Vicente, 2012).

2.23 Nematodos agalladores

Los nematodos que típicamente inducen la formación de agallas en el sistema radical de las plantas, son *Meloidogyne* spp. y *Nacobbus* spp. (Anaya y Nápoles, 1999). El nematodo más importante que suele atacar los cultivos de hortalizas en la Comarca Lagunera es *M. incognita*, las plantas infestadas por este

nematodo presentan amarillamientos, marchitamientos y reducciones en la producción (Bastarrachea, 2007).

2.23.1 Ubicación taxonómica de *Meloidogyne incognita*

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).

2.23.2 Características morfológicas del nematodo de los nódulos radiculares

Los nematodos tienen típicamente cuatro estados larvales juveniles entre el huevo y el adulto, con mudas entre cada estado que les permiten crecer. El primer estado juvenil se le denomina (J1) y se desarrolla dentro del huevo; ocurre la primera muda y emerge del huevo el segundo estado juvenil (J2), el cual, constituye

el estado infectivo. Posteriormente se dan el tercer y cuarto estado juvenil (J3 y J4), para finalmente convertirse en adulto (Navarro, 2016).

Los estados juveniles son descritos como vermiformes y migratorios; con región cefálica y estilete delicado; presentan el área labial sin constricción y el segundo estado avanzado es sedentario, hinchado y con cola aguda; el tercer y cuarto estado se presentan en el interior de la cutícula del segundo estado, con estilete libre (UCDa, 2006). El ensanchamiento de las células radicales para convertirse en células gigantes suele iniciarse al mismo tiempo en que los segundos estados juveniles (J2) comienzan a ensancharse (Tang *et al.*, 1994).

Las larvas de *M. incognita* miden 0.376 mm de longitud, con un rango de 0.360 – 0.393 mm, presentan una curva que se aproxima 1/6 de un círculo. La longitud verdadera de esta larva es aproximadamente la distancia en línea recta de la cabeza a la punta de la cola más un 5 % (Taylor y Sasser, 1978).

Las larvas migratorias de 2^{do} instar, fluctúan de 280 – 500 micras (μ) en longitud. Los estiletes miden cerca de 10 micras de largo, portan nódulos basales redondos. El esófago consiste de un procorpus, metacorpus con válvula, istmo y un bulbo basal traslapado (Jenkins y Taylor, 1967). 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 nódulos basales bien definidos (Mai y Lyon, 1975).

Los nematodos adultos de los nódulos radiculares son únicamente visibles bajo el microscopio o con una lente de aumento. Estos varían en apariencia. Las hembras maduras son de forma bulbosa y los machos son alargados a manera de gusanos. Las hembras siempre están presentes en una población y pueden ser localizadas en el interior de agallas de la planta hospedante o adheridas a la superficie de las raíces. En una población de nematodos de los nódulos radiculares pueden estar presentes varios machos o ninguno (GD, 2016).

2.23.3 Ciclo de vida

La duración del ciclo de vida en nematodos de los nódulos radiculares es influenciado por la temperatura. Las temperaturas óptimas varían de 15° a 25° C para *M. hapla* y especies relacionadas y de 25° a 30° C para *M. javanica* y especies relacionadas. Se presenta muy poca actividad en cualquiera de las especies de *Meloidogyne* a temperaturas arriba de 40° C o por debajo de 5°C (UCDb, 2006). La duración del ciclo de vida de *Meloidogyne* en calabacita, a temperatura constante, oscila entre 28 días a 28°C y 85 días a 17°C, como se muestra en la tabla 2 (Talavera *et al.*, 2014).

Los nematodos pueden vivir en el suelo por varios años sin alimentarse sobre plantas hospederas potenciales. Los nematodos de los nódulos radiculares pueden diseminarse a través del agua de riego, partes de plantas vegetativas y en suelos infestados con huevos o larvas (GD, 2016).

Cuadro 2. Duración del ciclo de vida de *Meloidogyne* según la temperatura.

Temperatura (°C)	Duración del ciclo (días)
17	80
21	50
25	35
28	28

2.23.4 Daños y síntomas

Los síntomas ocasionados por los nematodos en las plantas se catalogan en aéreos o subterráneos. Los síntomas aéreos consisten en un retraso del crecimiento, marchitamiento, amarillamiento y achaparramiento. Mientras que los síntomas subterráneos consisten en una ramificación excesiva de la raíz, lesiones, nódulos radiculares o agallas y finalmente la pudrición de la raíz (Ayoub, 1997).

El nematodo nodulador en específico, ocasiona agallas o recrecimientos tanto en la raíz principal como en las secundarias. Como consecuencia directa de estos síntomas se observa una reducción en la producción. Los síntomas pueden ser más severos en suelos con alto contenido de arena y buen drenaje. Por otra parte, algunos nematodos pueden asociarse con otros patógenos y formar complejos etiológicos o actuar como vectores de virus. Debido a que atacan la raíz, producen brechas que permiten la entrada de otros organismos como hongos y bacterias, lo que ocasiona que se observen síntomas de pudrición y necrosis (Vicente, 2012).

Los síntomas más característicos del ataque de *Meloidogyne* spp. son los que se presentan en las partes subterráneas de la planta. Las raíces infectadas se hinchan en el punto de invasión y se transforman en las típicas agallas radiculares, que son 2 – 3 veces de mayor diámetro comparadas con las raíces sanas. Se pueden presentar múltiples infecciones en el sistema radicular y la raíz puede quedar completamente agallada. También, se inhibe la conducción de agua por las raíces, de manera que el movimiento de agua y nutrientes hacia la parte superior de las plantas es lenta o se detiene. Al avanzar la temporada suele presentarse pudrición de raíces (Brust *et al.*, 2003).

2.23.5 Especies de *Meloidogyne*

Los nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne* spp. son los principales nematodos fitoparásitos causantes de pérdidas en rendimiento en los cultivos hortícolas (Ornat y Sorribas, 2007). Las especies más comunes, económicamente importantes y causantes del 90% de daño a cultivos agrícolas a nivel mundial, son: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* (Eisenback *et al.*, 1983).

Las principales características de estas especies, basadas en la morfología de los modelos perineales de los genitales de hembras adultas son: *M. incognita*, presenta con dorsal alto, cuadrado y sin líneas laterales claramente visibles, es la característica determinante para identificar a esta especie. *M. javanica*, tiene un arco bajo a redondeado y con líneas laterales bien visibles que separan las estrías dorsales de las ventrales, es la característica determinante para identificar a esta especie; sin embargo, en ocasiones el arco puede ser alto. *M.*

arenaria tiene arco dorsal con “hombreras”, formadas por ondulaciones pronunciadas de las estrías dorsales, cerca de las líneas laterales que son visibles, y las estrías que se bifurcan, también cerca de las líneas laterales, son los caracteres más importantes de esta especie (Eisenback *et al.*, 1983).

2.23.6 Hospederos

A nivel mundial, la gama de hospederos de *Meloidogyne* spp. comprende más de 2,000 especies de plantas, que representa casi todas las familias vegetales. En México, los cultivos de importancia económica que han sido atacados por este nematodo son: aguacate, alfalfa, algodón, amaranto, cacahuate, calabaza, cafeto, cebolla, chile, col, durazno, fresa, frijol, garbanzo, guayabo, maíz, manzano, melón, plátano, papa, papaya, quelite, sandía, tabaco, tomate, vid, entre otros (Cepeda, 1996).

2.24 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).

2.25 Manejo integrado de nematodos

El manejo integrado es una estrategia que usa una gran variedad de métodos, técnicas o procesos enfocados a la solución de un mismo problema; estos métodos son afines entre sí, y lejos de competir por el logro del mismo objetivo se complementan. Es decir, el manejo integrado hace uso de un arsenal de actividades y estrategias cuyo objetivo es el control y la sana convivencia de los especímenes y no la erradicación total de la plaga; en busca siempre de un equilibrio con el medio

ambiente y la mínima, aunque necesaria utilización de plaguicidas. En el manejo integrado de nematodos se utiliza información actual y precisa sobre su ciclo de vida y las interacciones que tienen con el medio ambiente; a partir de esto se coordina, ordena, y organiza cada una de las actividades que se realizarán para combatir la plaga y aquellos que se utilizarán para la producción (Navarro, 2016).

2.26 Métodos de control

El control de nematodos y el daño que causan se pueden evitar previniendo la infestación, suprimiendo las poblaciones, mitigando sus efectos o por una combinación de todas estas acciones. El control total resulta difícil y caro, por lo tanto, la idea esencial para el control de los nematodos fitoparásitos es la capacidad de predecir su importancia bajo un cultivo específico y en unas condiciones ambientales determinadas. Los métodos para el control de nematodos pueden ser químicos, físicos, biológicos, genéticos e inclusive legales (María, 2002).

Antes de decidir qué tipo de técnicas de control son las más adecuadas en cada caso, es necesario caracterizar el problema, determinar los nematodos patógenos y conocer su densidad, biología e interacción específica con el cultivo. También es importante determinar la influencia de los antagonistas y los factores bióticos y abióticos sobre las poblaciones del patógeno y su repercusión en la productividad del cultivo. Por último, hay que tener en cuenta la rentabilidad del sistema con el fin de establecer la viabilidad económica de las técnicas a aplicar (María, 2002).

2.26.1 Control cultural

Estas labores están orientadas a romper la relación que existe entre el cultivo y la plaga, evitando con ello que esta última tenga un ambiente propicio para sobrevivir, desarrollarse y reproducirse (Navarro, 2010).

Las prácticas culturales como barbechos, inundaciones, aplicaciones de abonos orgánicos, cultivo de plantas de cobertera y rotación de cultivos, entre otras, reducen lo suficiente las poblaciones de nematodos parásitos de plantas cultivadas. Generalmente estas prácticas culturales causan condiciones adversas para los nematodos, por lo que la capacidad de estos para sobrevivir, multiplicarse y producir enfermedad se afecta notablemente (Cepeda, 1996).

2.26.2 Barbecho

Para su adecuado desarrollo, los nematodos requieren de ciertas condiciones de temperatura, humedad y hospederos para multiplicarse, razón por la cual, en el caso de estrategias del manejo integrado, es recomendable realizar el barbecho profundo de al menos 45 cm, ya que los nematodos parásitos viven de preferencia en las capas superficiales del suelo (primeros 30 cm), así que las labores mecánicas profundas como el subsoleo y el barbecho en especial en la época caliente y seca del año pueden producir la muerte de huevos y larvas de los nematodos por deshidratación al quedar expuestos al sol, aire y sin presencia de raíces para su reproducción (Navarro, 2016).

2.26.3 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).

2.26.4 Solarización

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

2.26.5 Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados a mostrado en el control de nematodos fitoparásitos. Este método consiste en la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un período determinado. Tiene como propósito reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, para que luego sea conveniente la producción del cultivo de interés. Esta práctica mejora las propiedades físico-químicas del terreno y rompe con el ciclo de plagas y enfermedades que afectan los

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

2.26.6 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 (Cepeda, 2004).

2.26.7 Tratamiento a la semilla

Este tratamiento es una herramienta efectiva que consiste en la aplicación de organismos biológicos e ingredientes químicos a la semilla para eliminar, controlar o repeler los impactos negativos por enfermedades, insectos, nematodos y otras plagas que atacan las semillas y plántulas. Entre las tecnologías aplicadas a las semillas se encuentran, inoculantes, herbicidas, micronutrientes, reguladores del crecimiento, polímeros y colorantes (Guía para la gestión del tratamiento de la semilla, 2015). Abamectina (Avicta) tiene un excelente potencial como tratamiento a la semilla, como componente de una estrategia de manejo integrado de plagas para manejar nematodos de los nódulos radiculares (Driver y Louws, 2006).

2.26.8 Control biológico

El control biológico es el uso de microorganismos antagonistas establecidos en el lugar de siembra antes o durante el cultivo, pueden ser usados para prevenir la infección por nematodos. Varios microorganismos han sido identificados como enemigos naturales de los nematodos. Éstos incluyen las bacterias *Pasteuria penetrans* y *Bacillus thuringiensis* y los hongos *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia chlamydosporia*, *Hirsutella rhossiliensis*, *Catenaria* spp. etc. (Talavera *et al.*, 2014).

Se ha experimentado exitosamente con el hongo *Paecilomyces lilacinus* para el control de *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchulus reniformis* en otras cucurbitáceas como sandía. Este organismo puede degradar la quitina presente en la capa externa de los huevos de nematodos (Vicente, 2012).

También existen microorganismos de protección biológica que dificultan la penetración, desarrollo y reproducción de los nematodos en las raíces como los hongos formadores de micorrizas arbusculares o algunas bacterias inductoras de resistencia sistémica (Talavera y Verdejo, 2015).

Los nematodos de los nódulos radiculares (*Meloidogyne* spp.) son un problema para una exitosa producción de vegetales en todo el mundo, causando severos daños que llevan a dramáticas pérdidas en rendimiento. El control del nematodo de los nódulos radiculares ha estado llevándose a cabo con nematicidas químicos. Sin embargo, como el control químico provoca daños al medio ambiente

y a la salud humana, el control biológico se ha convertido en una de las alternativas prometedoras (Kalele *et al.*, 2010).

2.26.9 Control químico

La aplicación de productos químicos (véase el cuadro 3) 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 productor seguir cultivando la planta huésped con una buena rentabilidad económica (Hague y Gowen 1987).

Aunque sigue siendo el método de control nematológico más utilizado, la mayoría de los productos químicos utilizados como nematicidas (granulares y emulsiones) presentan riesgos medioambientales, por lo que su uso debe ser limitado siempre que existan alternativas. Por otra parte, la rentabilidad de la cosecha no permite, en muchos casos, un retorno suficiente de la inversión para justificar el uso de nematicidas (Talavera *et al.*, 2014).

Cuadro 3. Productos químicos autorizados para el uso contra nematodos fitoparásitos.

Nematicida	Formulación	Dosis (ha)	Cultivo
Oxamil	Solución concentrada	2.0-4.0 L	algodón, banano, ornamentales, papa, piña, tabaco y hortalizas
Etoprofos	Granulado	60-80 kg	Papa, tomate, arbustos ornamentales, césped, cacahuete, pepino, maíz, ornamentales herbáceos, piña, tabaco y pimienta
Fenamifos	Concentrado emulsionable	5-10 L	Col, plátano, ornamentales, durazno, piña y tabaco
Fostiazato	Granulado	30 kg	Tomate y papa
Dazomet	Granulado	350-500 kg	Desinfección de suelos.
Metam potasio	Solución acuosa	400-600 L	Fresa, hortalizas y ornamentales.
Metam sodio	Solución acuosa	300-650 L	Fumigante de suelos

2.27 Productos a utilizar en el presente estudio

2.28 Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.)

Varias plantas, pertenecientes a diferentes familias botánicas, contienen principios que poseen propiedades nematicidas o nematostáticas (Gommers, 1981; Grainge y Ahmed, 1988). Las investigaciones sobre extractos de varias plantas autóctonas y productos de neem, han revelado que algunos de ellos son efectivos contra insectos y nematodos, sus formulaciones comerciales ya están disponibles (Sharma, 2000).

El Neem posee muchos ingredientes activos; por su importancia destacan la azadiractina, salanina, melianrol, 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 (Norten, 1999); mientras que los productos químicos sintéticos que contienen un ingrediente activo, como malatión (MALATHION 1000) o metomilo (LANNATE), si llegan a ser tolerados por las plagas (Osuna, 2005).

Una de las alternativas actuales para el control de plagas es la utilización de plaguicidas de origen vegetal, para lo cual, el árbol de neem, presenta eficientes resultados. Con el bioplaguicida de neem, se controlan plagas en una forma sana y

económica, en comparación a los plaguicidas químicos sintéticos lo que permite utilizarlo en la agricultura orgánica (Norten, 1999). Se sabe que las formulaciones basadas en Neem tienen potencial nematicida, particularmente contra los nematodos parásitos de las plantas (Alam, 1990; Mojumder, 1995).

2.29 Abaneem 180 (Abamectina + Neem)

Abaneem: mezcla 80% de Avemectin B1a (5,0 desmetilarvermectin A1a) y un máximo de 20% propil – 25 (1- metilito) Avermectina A1a 1.8%. Equivalente a 18 g de I.A/L Aceite neem (*A. 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 *M. 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).

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 cerca de 10-30 más potentes que los nematicidas de contacto (Becker, 2011).

2.30 *Bacillus thuringiensis*

A partir de la segunda mitad de la década de los '80, diversos productos comerciales a base de *B. thuringiensis* han tenido gran aceptación en el mercado mundial. Las toxinas de esta bacteria son la base patógena para lepidópteros, dípteros, coleópteros y nematodos (Rodríguez *et al.*, 1991).

La bacteria entomopatógena *B. 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 nematicida 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).

Las delta-endotoxinas de *B. thuringiensis* (Bt), una familia de proteínas cristalinas (Cry), se usan ampliamente como insecticidas en la agricultura. Recientemente, descubrieron que las toxinas Bt también pueden ser nematicidas efectivos. Para abordar más completamente el potencial de las toxinas Cry como nematicidas para controlar los nematodos parásitos de las plantas, se analizaron las toxicidades de ocho proteínas Cry (Cry 5A, 5B, 6A, 6B, 12A, 13A, 14A y 21A) en

cinco nematodos de vida libre (*Caenorhabditis elegans*, *Pristionchus pacificus*, *Panagrellus redivivus*, *Acrobeloides* y *Distolabrellus veechi*). Los resultados de los ensayos de toxicidad general, la morfología y el tamaño de la cría indicaron que, de hecho, algunas de estas proteínas Cry son potentes toxinas nematocidas (Wei *et al.*, 2001).

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

Las diferentes variedades de Bt. tienen cristales de formas diversas los cuales contienen toxinas diferentes. Cuando los cristales se disuelven en el intestino del insecto con elevado pH las protoxinas, otras enzimas y proteínas se liberan. Conforme las protoxinas se convierten en toxinas activas, éstas se acoplan a las moléculas receptoras especializadas de las células del intestino. Diferentes toxinas se acoplan a diferentes moléculas receptoras y esto explica la especialización de las toxinas de las distintas variedades de Bt (Terralia, 2019).

DIPEL DF® es el insecticida biorracional más empleado en el mundo por sus características de manufactura y efectividad; su mecanismo de acción hace que solo tenga efectos sobre la plaga que necesita controlar y lo hace de forma natural, lo que lo convierte en uno de los productos más seguros al ambiente y al usuario. *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, en su formulación se utiliza B.t. subesp. *kurstaki*. Insecticida selectivo, presentado en forma de floable seco para aplicar en aspersión foliar (Valent, 2017).

2.32 *Paecilomyces lilacinus*

El hongo, *P. lilacinus* Thom. Samsom. penetra los huevos del nematodo destruyendo el embrión y también ataca a las hembras en desarrollo y se multiplica dentro de ellos, produciéndoles la muerte. *P. lilacinus*, es efectivo para nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratelynychus* y *Radophulus*, debido a su gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y su un alto potencial parasítico (Jatala y Kaltenbach, 1980).

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.*, 1980).

En un experimento sobre control biológico de *Meloidogyne incognita* con el hongo *Paecilomyces lilacinus*, indica que el índice de nodulación varió de acuerdo al nivel poblacional del nematodo y densidad de *Paecilomyces lilacinus*, observándose menores índices a mayor cantidad del hongo. El resultado para población final fue una alta significancia para dosis y niveles poblacionales. La significancia para la interacción, fue observable claramente que a mayor densidad de *P. lilacinus* existiendo una menor población del nematodo. Los mejores resultados se lograron con poblaciones nematológicas altas, lo que sugiere que el hongo necesita suficientes huevos de los nematodos para mantenerse (Eguiguren, 1983).

En un trabajo de investigación realizado en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, obtuvieron como resultado que al aplicar *P. lilacinus* en hortalizas, tiende a reducir paulatinamente la población del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) con dos frecuencias de aplicación, se presentó un 96.23% de eficiencia en el control de esta plaga, pretendiendo de esta manera reducir al mínimo el control químico y desarrollar un sistema de manejo integrado eficaz (Gusqui *et al.*, 2009).

Paecilomyces lilacinus muestra un efecto positivo, reduciendo la colonización y la eclosión de las masas de huevos de *M. incognita*, e influye en la movilidad de los nematodos. Bajo condiciones semicontroladas, el tratamiento preventivo de *P. lilacinus* en plantas de banano in vitro, reduce el número de nematodos *M. incognita* de 8900 a 820 en 50 g de raíces. De acuerdo a estos resultados, se recomienda que iniciar el control biológico antes de la infestación de nematodos para que el hongo colonice la rizosfera. Este tipo de tratamiento preventivo ha dado buenos resultados y prácticas en los sistemas de producción de banano (Fernández *et al.*, 2005).

2.33 *Paecilomyces lilacinus* (CHIMAL® 6.53 PH)

Las esporas contenidas en CHIMAL® entran en contacto con el cuerpo de los nematodos, se fija en la pared externa del cuerpo del nematodo, luego germinan y producen unas estructuras especializadas, a través de las cuales penetran en el cuerpo del nematodo. En el interior del producto toma sus nutrientes del nematodo y se reproduce masivamente invadiendo totalmente el cuerpo del

nematodo, causándole una enfermedad que finalmente causa su muerte. En condiciones favorables de humedad, después de la invasión, las estructuras de CHIMAL® salen del cuerpo del nematodo y sobre este se producen nuevas conidias que pueden afectar a otros nematodos. En el cuadro 4, se observa los cultivos y el nematodo que ataca *P. lilacinus* (Versa, 2018).

Cuadro 4. Uso de *Paecilomyces lilacinus* como nematicida.

Cultivo	Dosis (g/ha)	Plaga
Jitomate, chile, papa, tabaco, berenjena (SL)	250 – 500	Nematodo agallador <i>Meloidogyne incognita</i>
Crisantemo, girasol, gerbera y áster (SL)	250 – 500	Nematodo filiforme <i>Pratylenchus neglectus</i>
Papaya (SL)	200 – 600	Nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> spp.
Piña (SL)	400 - 600	Nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> spp.

() Intervalo de seguridad en días entre la última aplicación y la cosecha.

SL: Sin límite (No tiene restricciones para tolerancias de residuos)

Fuente: Versa, 2018.

Para el control de nematodo agallador (*M. incognita*), utilizar *Paecilomyces lilacinus* a una dosis de 250-500 g/Ha. Realizar 3 aplicaciones en drench a la base del tallo de la planta, a intervalos de 5 días (Terralia, 2019).

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 calabaza (*Cucurbita pepo* L.) tipo Round Zucchini, 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 para 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por tratamiento (Figura 2) y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones (cuadro 5).



Figura 2. Macetas con suelo para realizar el experimento.

Cuadro 5. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar Abaneem 180 (I), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF) (II), *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH) (III), Testigo (IV), 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 *M. 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 llevó a cabo la homogenización de los mismos.

3.7 Siembra

Después de haber realizado el muestreo del suelo a utilizar para el desarrollo de las plantas de calabacita, el día 24 de octubre de 2018 se llenaron las 96 bolsas de 3 kg con suelo, 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 3), en los tratamientos a evaluar en las macetas, excepto el testigo sin aplicación (Cuadro 6).

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

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



Figura 3. Productos utilizados en el experimento.

La siembra se realizó el día 02 de noviembre de 2018 (Figura 4), efectuándolo después de un riego de presembrado al suelo. La profundidad de la siembra fue aproximadamente de 3 a 4 cm, 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 4. Siembra del cultivo de calabacita.

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: Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF) y *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH) y un testigo sin aplicación.

3.9 Emergencia

Las plántulas emergieron a los 6-8 días después de la siembra, el día 09 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 para que a las plantas no les faltará luz y no afectara su desarrollo y crecimiento, ya que el tiempo se encontraba a bajas temperaturas.

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 5), para evitar costra. Ambas prácticas culturales se hicieron dos veces por semana, para mantener al cultivo libre de plantas no deseadas 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 5. Remoción del suelo.

3.13 Fechas de aplicaciones

Las aplicaciones de los productos formulados a cada tratamiento se realizaron siguiendo las fechas y dosis establecidas (cuadro 7), (figura 6).

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

No. De aplicación	Fecha
1	01/11/2018 (presiembr)
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 6. 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 agua (Figura 7), ya que a los 20 días de desarrollo y crecimiento vegetativo se observaron en promedio 5 moscas blancas (*Bemisia tabaci*) por planta.



Figura 7. Aplicación de insecticida-acaricida.

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 8). 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 calabacita.

Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas de calabacita, 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 basados con la metodología de Barker (1985).



Figura 8. Toma de datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que las plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) variedad Round Zucchini se desarrollaron por cuarenta días bajo condiciones de macrotúnel, y en suelos completamente infestados del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, se obtuvieron los siguientes resultados.

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® (SAS, 2017), como también la escala propuesta por Barker (1985) para determinar únicamente el índice de agallamiento en el sistema radicular.

4.2 Diámetro de la base del tallo

La evaluación del diámetro de la base del tallo de las plantas de calabacita después de 40 días de la emergencia, según la prueba de Tukey, demostró que los resultados del tratamiento testigo sin aplicación con una media de 1.73 cm de diámetro de tallo y *Bacillus thuringiensis* con 1.69 de diámetro de tallo, resultaron estadísticamente iguales. Respecto a los tratamientos con *Paecilomyces*

lilacinus y Abaneem 180, resultaron estadísticamente iguales con un valor de diámetro del tallo de 1.64 y 1.63 respectivamente (Cuadro 8. Figura 9).

Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Diámetro del tallo (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
Testigo		1.7333	A	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	1.6958	A	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	1.6416		B
Abaneem 180	10 ml/l agua	1.6333		B

PF: Producto Formulado

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

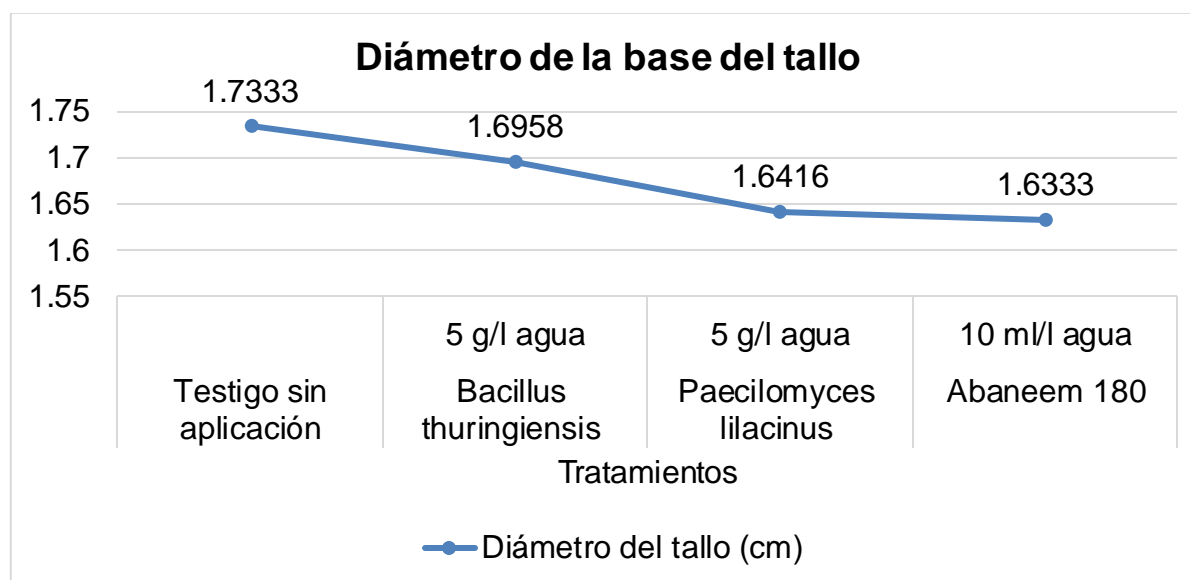


Figura 9. Medias en la evaluación del diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.3 Longitud de la raíz

La evaluación de longitud de la raíz, con la comparación de medias en la prueba de Tukey (Cuadro 9. Figura 10) nos demuestra que los tratamientos de Abaneem 180 y testigo sin aplicación resultaron estadísticamente iguales con una mayor longitud de raíz de 24.16 cm y 21.54 cm respectivamente. Seguidos por el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* con una media de 21.33 cm y posteriormente *Bacillus thuringiensis* con una media de 17.50 cm de longitud de raíz.

Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación de longitud de raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Longitud de raíz (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)
Abaneem 180	10 ml/l agua	24.167	A
Testigo		21.542	A B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	21.333	B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	17.500	C

PF: Producto Formulado

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

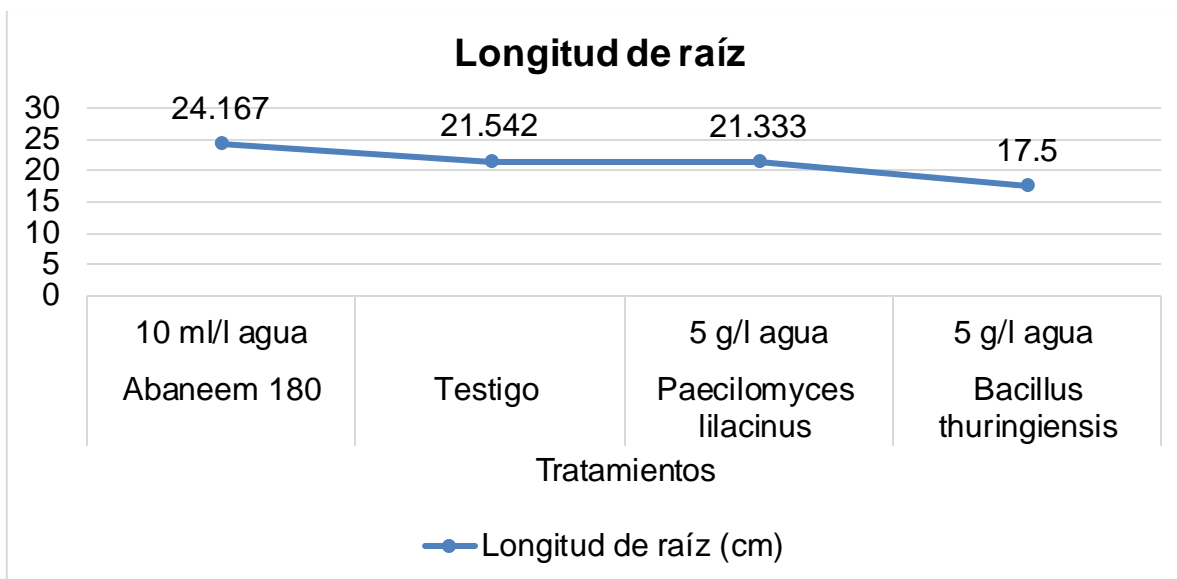


Figura 10. Medias en la evaluación de la longitud de la raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.4 Longitud del 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 el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* con una media de 36.79 cm y el Testigo sin aplicación con una media de 34.91 cm. Asimismo, se presentó una diferencia significativa con el tratamiento *Bacillus thuringiensis* con una media de 33.37 cm y seguido con un menor valor con el tratamiento de Abaneem 180 con una media de 31.16 cm (Cuadro 10. Figura 11).

Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Longitud del follaje (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	36.792	A	
Testigo		34.917	A	B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	33.375	B	
Abaneem 180	10 ml/l agua	31.167	C	

PF: Producto Formulado

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

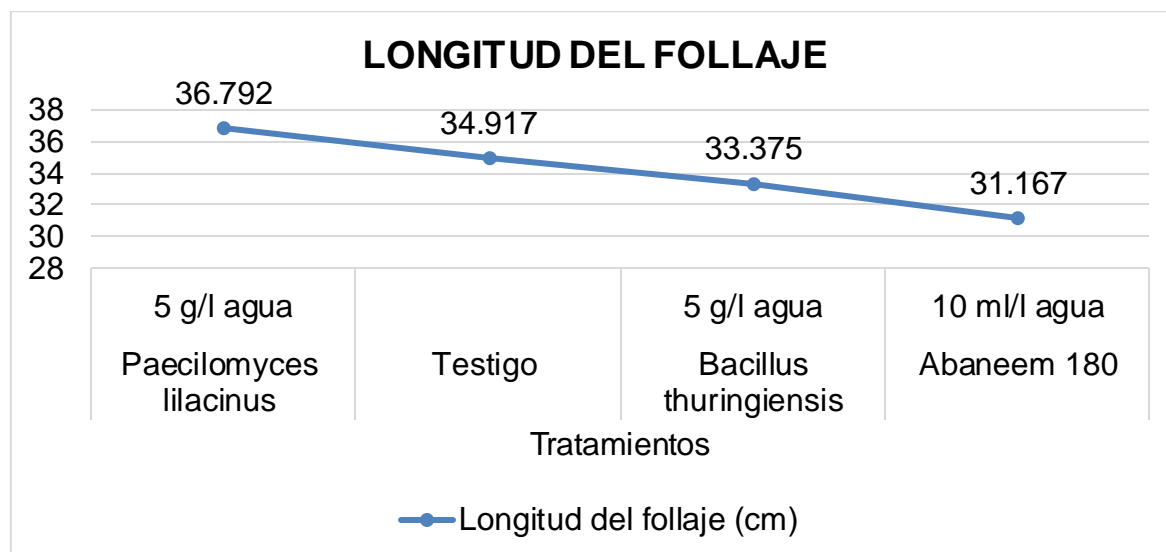


Figura 11. Medias en la evaluación de la longitud del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.5 Peso de la raíz

La evaluación del peso de la raíz con la comparación de medias en la prueba de Tukey, (Cuadro 11. Figura 12) muestra que todos los tratamientos resultaron con una significancia estadísticamente semejante. Aunque todos fueron estadísticamente iguales el de mayor valor fue el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* presentando una media de 3.79 g, seguido por los tratamientos con Abaneem 180 con una media de 3.50 g, *Bacillus thuringiensis* con 3.16 g y el tratamiento de menor valor fue el testigo sin aplicación con una media de 3.08 g.

Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Peso de raíz (g)	Comparación ($\alpha=0.5$)
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	3.7917	A
Abaneem 180	10 ml/l agua	3.5000	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	3.1667	A
Testigo		3.0833	A

PF: Producto Formulado

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

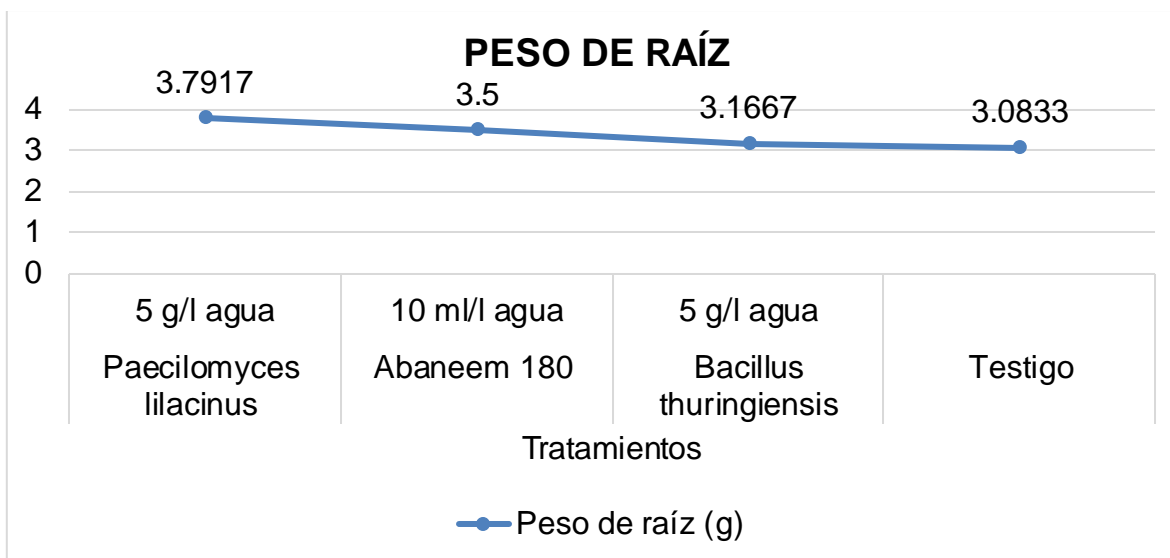


Figura 12. Medias en la evaluación del peso de la raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Abaneem 180*, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

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 el Testigo sin aplicación con una media de 86.79 g, seguido por *Paecilomyces lilacinus* con una media de 78.12 g, *Abaneem 180* con una media de 78.83 g y posteriormente presentó diferencia *Bacillus thuringiensis* con una menor media de 63.66 g de peso de follaje (Cuadro 12. Figura 13).

Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Peso de follaje (g)	Comparación ($\alpha=0.5$)
Testigo		86.792	A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	78.125	A
Abaneem 180	10 ml/l agua	73.833	A B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	63.667	B

PF: Producto Formulado

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

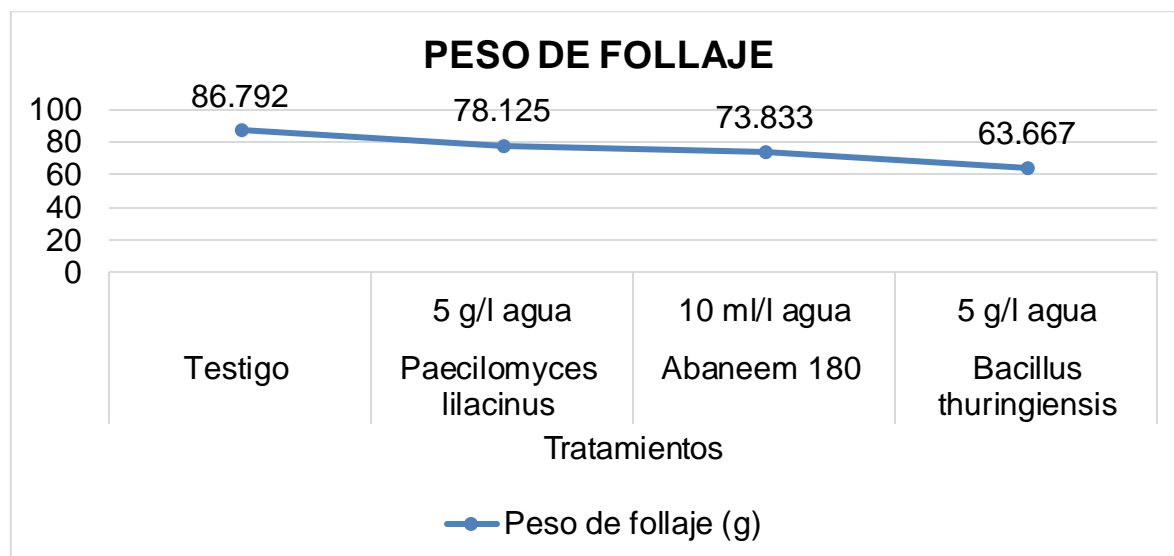


Figura 13. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.7 Índice de agallamiento radicular

La evaluación del Índice de agallamiento radicular con la comparación de medias en la prueba de Tukey (Cuadro 13. Figura 14), señala que el de mayor significancia estadísticamente hablando, fue el tratamiento Testigo sin aplicación, con una media de índice de agallamiento radicular de 36.79, mientras que el resto de los tratamientos resultaron con valores estadísticamente iguales, entre los cuales *Bacillus thuringiensis* presentó una media de índice de agallamiento de 0.75, seguido por *Paecilomyces lilacinus* con 0.50 de índice de agallamiento y posteriormente Abaneem 180 con una media de 0.29.

Cuadro 13. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento radicular con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Índice agallamiento radicular	de Comparación ($\alpha=0.5$)
Testigo		36.7917	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	0.7500	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	0.5000	B
Abaneem 180	10 ml/l agua	0.2917	B

PF: Producto Formulado

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

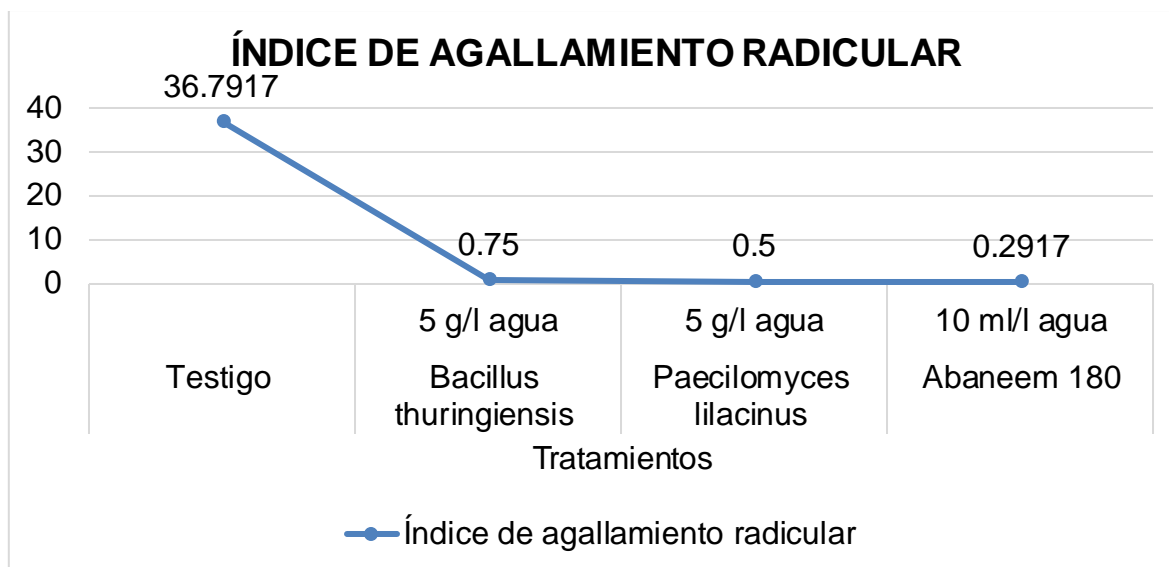


Figura 14. Medias del índice de agallamiento radicular, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de calabacita *Cucurbita pepo* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ En la evaluación del diámetro de la base del tallo de las plantas de calabacita después de 40 días de la emergencia, el tratamiento de *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), mostró ser el producto con mejores resultados, con una media de 1.69 cm de diámetro de tallo.

✓ Los resultados obtenidos en la evaluación de longitud de la raíz, con la comparación de medias en la prueba de Tukey, indica que el tratamiento con mejor eficacia fue el de Abaneem 180 al presentar un mayor valor en la longitud de la raíz.

✓ Al evaluar la longitud y peso del follaje, el tratamiento que resultó con una mayor media fue el producto con *Paecilomyces lilacinus* var. kurstaki (Dipel DF), por lo que muestra un efecto positivo en el desarrollo de la planta.

✓ La evaluación del peso de la raíz, muestra que todos los tratamientos resultaron con una significancia estadísticamente semejante. Por lo que la aplicación de los productos formulados (*Paecilomyces lilacinus*, Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*), resultaron ser eficientes al demostrar que no tienen efectos negativos en el crecimiento y desarrollo radicular del cultivo.

✓ En lo que respecta a la evaluación del índice de agallamiento radicular, los resultados de los productos formulados presentaron los valores más bajos, mientras que el testigo sin aplicación fue el de mayor índice de agallamiento; sin embargo, el tratamiento de Abaneem 180 obtuvo los mejores resultados al demostrar un menor índice de agallas radiculares en su evaluación, por lo que la utilización del neem como alternativa actual para el control de nematodos fitopatógenos presenta eficientes resultados. Y se demuestra que las formulaciones basadas en Neem tienen potencial nematicida, tal como lo señalan Alam en 1990 y Mojumder en 1995.

✓ Asimismo, se concluye que el producto a base del hongo *Paecilomyces lilacinus* tiende a reducir paulatinamente la población del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*). De acuerdo a lo que señalan Fernández *et. al.*, en el 2005, se recomienda que iniciar el control biológico antes de la infestación de nematodos es importante para que el hongo colonice la rizosfera de los cultivos, ya que con este tipo de tratamiento preventivo dará buenos resultados y prácticas en los sistemas de producción.

✓ *Bacillus thuringiensis* también demostró ser un producto formulado con buenos resultados al obtener un bajo índice de agallamiento en las raíces. A través de los estudios derivados de *B. thuringiensis* podrían considerarse una alternativa de control en nematodos que afectan a las plantas agrícolas, tal como lo indican Vázquez-Pineda *et al.*, en el 2014.

✓ Dada la contaminación que producen los plaguicidas sintéticos, la mejor alternativa para el manejo de plagas son los productos biológicos, y en este trabajo se demostró que la aplicación de productos biológicos (*Paecilomyces lilacinus*, Abaneem 180, *Bacillus thuringiensis*) utilizados como nematicidas resultan muy eficientes para el control de *Meloidogyne incognita* en calabacita *Cucurbita pepo*, de esta manera se reduce al mínimo el control químico y se desarrolla un sistema de manejo integrado eficaz.

VI. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Academic Press. New York. USA. pp. 510-525.
- Alam, M. M., 1990. Neem in nematode control. CBS Publishers and Distributors, Delhi, India. pp. 51-55.
- 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. p. 3.
- Ayoub, S. M. 1997. Plant Nematology. An Agricultural. Training Aid. Department of food and Agriculture. Div. of Plant Industry Laboratory Services Nematology. Sacramento, California. pp. 39-71.
- Bastarrachea F., J. A. 2007. Identificación de enfermedades que atacan al cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera (Ciclo Agrícola, 2006). Tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna. Torreón, Coah., México. pp. 51.
- Becker, J. O. 2011. Avicta seed coating for protection of carrots against plant parasitic nematodes. Dept. Nematology, University of California, Riverside. 5 p.
- Bermejo J. 2011. Información sobre *Aphis gossypii*. [en línea]. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revista/076/ca076.pdf#page=3>. [fecha de consulta: 12/07/2019].

- Blancard D., H. Lecoq y M. Pitrat. 1991. Enfermedades de las cucurbitáceas observar. Identificar y luchar. (Ed.) Mundi Prensa, Madrid, España. p. 301.
- Brust, E. G., W. D. Scout and J. M. Ferris. 2003. Root – knot nematode control in Melons. Department of Entomology. Purdue University. E-212- W. p.3.
- Cepeda S., M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, S.A de C.V. México, D.F. pp. 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. pp. 132- 188.
- Claridades agropecuarias. 1999. La calabaza y la calabacita mexicanas en el mercado norteamericano. p.4. [en línea]. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revista/076/ca076.pdf#page=3>. [fecha de consulta: 20/06/2019].
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF). 2012. Identificación de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*) [en línea]. http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/CE_SAVE/Mosquita_Blanca.pdf [fecha de consulta 14/10/2019].
- Driver, J. G., and F. L. Louws. 2006. Effects of seed treatment to manage nematodes as an alternative to methyl bromide on cantaloupe. Department of Plant Pathology. North Carolina State University. Raleigh, N.C. [en línea]. <http://mbao.org/2006/06Points/MBAO%20PDFs/Preplant/10%20%20Biorationals/Driver.pdf>. [fecha de consulta: 12/09/2019].

- Eguiguren R. 1983. Avance de investigación sobre el género *Meloidogyne* sp en el Ecuador. In Research and planning Conference on Root – Knot nematodes, *Meloidogyne* sp- Lima (Per): CIP. 66-90-93 p.
- Eisenback, D. J., H. Hirschmann, J. N. Sasser y A. C. Triantaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una clave pictórica. International *Meloidogyne* Project. Raleigh, North Carolina, USA.
- El poder del consumidor. 2015. La calabacita. [en línea]. <http://elpoderdelconsumidor.org/analisisdeproductos/el-poder-de-lacalabacita/>. [fecha de consulta: 28/07/2019].
- El Siglo de Torreón. 2018. Resumen Económico y de noticias 2018. Torreón, Coah., México. p. 30.
- FIAV (Fundación para la Investigación Agrícola), 2008. Enfermedades Causadas por Nematodos. DANAC- Venezuela. (FIAV). [en línea]. <http://www.danac.org.ve/indice/enfermedades.php?letra=X&listado=t&ps=9.htm>. [fecha de consulta: 16/06/2019].
- GD (Garden Science). 2016. Carrots. [en línea] www.gardenscience.co.nz/vegetable/TGuides/carrots.htm [fecha de consulta 18/02/2019].
- Gommers, F.J. 1981. Biochemical interactions between nematodes and plants and their relevance to control. Helminthological Abstracts, Series B, Plant Nematology, 50: 9-24.

Google Earth. 2019. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna.
[en línea]

<https://earth.google.com/web/@25.5546092,103.3738292,1120.49441613a,942.00627616d,35y,323.96910343h,45t,0r/data=ChcaFQoNL2cvMTFieGI5d3dmORgCIAEoAg> [fecha de consulta 18/08/2019].

Grainge M., and S. Ahmed. 1988. Handbook of Plants with Pest-Control Properties. J. Wiley and Sons, New York., U.S.A., 260 pp.

Gusqui V., L., R. Lasso, C. Huisha y V. Oña. 2009. Eficiencia de los nematocidas de origen biológicos aplicados en dos frecuencias para el control de nematodo nudo de la raíz (*Meloidogyne* sp) en el cultivo de tomate de riñón (*Lycopersicon esculentum*) en Santo Domingo de los Tsachilas, 2009. Presentado en el XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Ecuador.

Guía para la gestión del tratamiento de la semilla. 2015. Seed association of the Americas. [en línea].

https://seed-treatment-guide.com/wp-content/uploads/2015/10/SeedGuide_Spanish.pdf?fbclid=IwAR2euEd9OnBil1PWS-wVVliodKc25IYczHLh7g3DN2EfbAdD3YOZZcHI42U.

[fecha de consulta: 25/10/2019].

Hague, N. G., and S. R. Gowen. 1987 Chemical control of nematodes. En: R.H.Brown y B.R. Kerry editores. Principles and Practice of Nematode Control in Crops. Academic Press. New York. pp. 131-173.

Hortoinfo. 2015. La producción mundial de calabacín se mantiene estable. [en línea].

<http://www.hortoinfo.es/index.php/noticia/4362-subtropicales-valor-281114> [fecha de consulta: 15/09/2019].

Hydro Environment. 2016. Calabaza, uno de los principales cultivos en México. [en línea].

<http://hidroponia.mx/calabaza-uno-de-los-principales-cultivos-en-mexico/>

[fecha de consulta: 05/07/2019].

INFOAGRO (Información Agropecuaria). 2010. El cultivo del calabacín. [en línea].

[http://static.plenummedia.com/40767/files/20150501084444-elcultivo-](http://static.plenummedia.com/40767/files/20150501084444-elcultivo-del-calabacin.pdf)

[del-calabacin.pdf](http://static.plenummedia.com/40767/files/20150501084444-elcultivo-del-calabacin.pdf) [fecha de consulta: 15/07/2019].

INFOAGRO (Información Agropecuaria). 2017. El cultivo del calabacín. [en línea].

<http://www.infoagro.com/hortalizas/calabacin.htm> [fecha de consulta:

15/07/2019].

Inforural, 2019. México, sexto productor de calabacita a nivel mundial. [en línea].

[https://www.inforural.com.mx/mexico-sexto-productor-mundial-de-](https://www.inforural.com.mx/mexico-sexto-productor-mundial-de-calabacita/)

[calabacita/](https://www.inforural.com.mx/mexico-sexto-productor-mundial-de-calabacita/) [fecha de consulta: 07/09/2019].

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

Jatala P. y R. Kaltenbach. 1980. Un hongo como control biológico del nematodo del nudo de la raíz. Circular CIP. 8 (10): pp. 1 - 3.

Jeffrey C. 1990. Appendix. An outline classification of the Cucurbitaceae. In: Bates, D. M., W. R. Robinson y C. Jeffrey (eds.). *Biology and utilization of the Cucurbitaceae*. Cornell University Press. Ithaca, Nueva York. pp. 449-463.

Jenkins, W. R., and D. P. Taylor. 1967. *Plant Nematology*. Reinhold Publishing Corporation. New York-Amsterdam-London. pp. 102-105.

- Jiménez D., F. 1996. Maleza hospedera de virus, fluctuación poblacional de vectores y su relación con enfermedades virales del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera. México. Revista mexicana de Fitopatología 14:31-37.
- Kalele, D. N., A. Affokpon., J. Goosemans and W. Kimenju. 2010. Suppression of root-knot nematodes in tomato and cucumber using biological control agents. [en línea]. University of Nairobi. Afr. J.Hort.Sc. 2010) 3:72-80 <http://hakenya.net/wp.content/uploads/2010/vol3paper06.pdf> [fecha de consulta: 16/07/19].
- León J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales, IICA San José, Costa Rica. Segunda edición. Pág. 381-394.
- Lira R. e I. Rodríguez A. 2008. Cucurbitáceas (Dicotiledóneas), In S. Ocegueda y J. Llorente-Bousquets (coords.), Catálogo taxonómico de especies de México, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México, CD1.
- Lira R., J. C. Rodríguez, J. L. Alvarado, I. Rodríguez, J. Castrejón y M. A. Domínguez. 1998. Diversidad e importancia de la familia Cucurbitaceae en México. Acta botánica mexicana. Vol. 42. 43-77. ISSN: 0187-7151.
- Lira, S. R., T. Andres C., and M. Nee. 2009. *Cucurbita* L. In: Flora Mesoamericana Volumen 4, Parte 1. Cucurbitaceae a Polemoniaceae. Gerrit Davidse, Mario Sousa S., Sandra Knapp, Fernando Chiang (eds.) UNAM. Missouri Botanical Garden. The Natural History Museum (London). México. D.F. pp. 9-13.

- Lira S., R. 1996. Calabazas de México. *Ciencias*, núm. 42, abril-junio, pp. 52-55. [en línea]
<https://www.revistaciencias.unam.mx/pt/184-revistas/revista-ciencias-42/1734-calabazas-de-m%C3%A9xico.html> [fecha de consulta: 23/10/2019].
- Lira S., R. y I. Rodríguez. 1999. Nuevas especies de los géneros *Cyclanthera* Schrad. y *Sicyos* L. (Sicyeae, Cucurbitaceae) para la flora de México. *Acta Botánica Mexicana* 48:11-19.
- Lira-Saade R. 1995. Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. *Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools*. 9. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 281 p.
- Mai, W. F., and H. H. Lyon. 1975. Pictorial key to general of plant-parasitic nematodes. Fourth Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. pp. 64-65.
- Maluf, W. R., S. M. Acevedo., L. A. Gómez 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: 26/07/2019].
- María F., A. 2002. Estrategias en el control y manejo de nematodos fitoparásitos. [en línea].
[https://digital.csic.es/bitstream/10261/128310/1/Estrategias%20en%20el%20control392\(M%C2%AA%20Andr%C3%A9s\).pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/128310/1/Estrategias%20en%20el%20control392(M%C2%AA%20Andr%C3%A9s).pdf) [fecha de consulta: 15/10/2019].

- 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.
- Mojumder V. 1995. Nematoda, nematodes. In: Neem Tree and Other Meliaceous Plants: Source of Unique Natural Products for Integrated Pest Management. VCH Publications, Weinheim, Germany. pp. 129-150.
- Navarro G., M. 2016. Manejo Integrado de Nematodos en Cultivos Hortícolas. FMC. Guadalajara, Jalisco, México. 186 p.
- Navarro M., D. A. 2010. Manejo Integrado de Plagas. [en línea]. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/ID/ID181/ID181.pdf> [fecha de consulta: 17/10/2019].
- Norten E. 1999. Neem. India's Miraculous Healing Plant. Edited by Jean Putz with Kordula Wermer and Deborah Straw. Healing Arts Press. Rochester, Vermont. 92 p.
- OIRSA (Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria). 2002. Seminario Sobre "Buenas prácticas agrícolas en cucurbitáceas. pp. 27-35.
- Ornat C., and F.J. Sorribas. 2007 Integrated management of root-knot nematodes in Mediterranean horticultural crops. [en línea]. <http://www.springerlink.com/content/jw3w0234j783616> [fecha de consulta: 19/08/19].
- 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. p. 32.

Paz, C. L., and L. Wessel B. 2002. Survey of cucurbit viruses in Puerto Rico. Cucurbitaceae. pp.259-264.

PROANSA (Proveedora Agrícola Del Norte) S.A DE V.C. 2017 Abaneem. Hoja desplegable.

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

Ramírez D., M. U., G. Nava y A. A. Fu C. 2002. Manejo integrado de plagas en el cultivo del melón. Tecnologías de producción y comercialización. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INIFAP. CAELALA. Matamoros, Coah. pp. 129-159.

Revista de agricultura. 2018. Editorial PANORAMA. [en línea].

https://panorama-agro.com/?page_id=2631 [fecha de consulta: 18/06/2019].

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].

Rodríguez M., M. De la Torre y E. Urquijo. 1991. *Bacillus thuringiensis*. Características biológicas y perspectivas de producción. Revista Latinoamericana de Microbiología, 33 (4): 280.

Ruiz A., I. M. 2012. Estudio preliminar para el desarrollo de una colección de mutantes en calabacín (*Cucurbita pepo* L.). Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 98 p.

- SAS®. 2017. language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/> [fecha de consulta: 16/08/2019].
- Sánchez-Hernández, M. A., C. Villanueva-Verduzco, J. Sahagún-Castellanos, C. Sánchez-Hernández y E. Villanueva-Sánchez. 2014. Respuesta a la selección participativa en variedades de calabaza de la sierra norte de Puebla, México. 2014. Revista Chapingo serie Horticultura. Vol. 20 (1). 41-56. doi: 10.5154/r.rchsh.2011.10.058.
- Santiago J., C. 2006. Manejo Integrado de Nematodos Fitoparásitos cosmopolitas (Gemmar) en el cultivo de plátano. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. [en línea]. <http://grad.uprm.edu/tesis/santiagogonzalez.pdf> [fecha de consulta: 12/07/2019].
- Sharma, G. C. 2000. Efficacy of neem based formulations against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. Pesticide Research Journal, 12: 183-187.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. SAGARPA, México. [en línea]. <http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monograficas/Monografias2/Calabacita.html>. [fecha de consulta: 15/06/19].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Calabacita: hortaliza versátil con la que se pueden elaborar diversos platillos. [en línea]. <https://www.gob.mx/siap/articulos/calabacita-hortaliza-versatil-con-la-que-se-pueden-elaborar-diversos-platillos?idiom=es> [fecha de consulta: 15/06/19].

- Statista. 2019. Calabacín: producción en el mundo. [en línea]. <https://es.statista.com/estadisticas/529558/producciones-de-calabacines-en-el-mundo/> [fecha de consulta: 17/06/19].
- Talavera M. y S. Verdejo. 2015. Gestión de nematodos fitoparásitos. Interempresas. Madrid – España. p. 74.
- Talavera M., T. Salmerón, E. Flor-Peregrín, M. D. Vela-Delgado, M. Chiroso-Ríos, M. Fernández y S. VerdejoLucas. 2014. Manejo integrado de nematodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. Granada. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 22 pp.
- Tang B., W. G. Lawrence., G. R. Creech., N. J. Jenkins., and C. J. McCarty. 1994. Post-infection development of *Meloidogyne incognita* in cotton roots. Mississippi Agricultural & Forestry Station. Mississippi State University. Technical Bulletin 195: 1-13.
- 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. p. 111.
- Terralia. 2019. Información técnica Actualizada sobre productos Fitosanitarios y Nutricionales para la agricultura convencional y orgánica, noticias y empresas del sector. *Paecilomyces lilacinus*: Agroquímicos de México. [en línea]. https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?book_id=3&composition_id=12628 [fecha de consulta: 25/08/2019].

- Terralia. 2019. Información técnica Actualizada sobre productos Fitosanitarios y Nutricionales para la agricultura convencional y orgánica, noticias y empresas del sector. *Bacillus thuringiensis* var Kurstaki: Productos ecológicos. [en línea]. https://www.terralia.com/productos_e_insumos_para_agricultura_ecologica/view_composition?composition_id=10360 [fecha de consulta: 21/08/2019].
- UCDa (University of California Davis). 2006. Control de Nematodos. (UCDa). [en línea]. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxamnus/G076mnu.htm> [fecha de consulta: 26/06/2019].
- UCDb (University of California Davis), 2006. *Meloidogyne incognita*, Taxonomy, Common Name, Disease. (UCDa). [en línea]. <http://ucdnema.ucdavis.edu/imagemap/nemmap/ENT156HTML/nemas/meloidogyneincognita> [fecha de consulta: 26/06/2019].
- UF/IFAS (University of Florida and Institute of Food and Agricultural Sciences), 2008. Management Integrated of Nematodes. (UF/IFAS). [en línea]. <http://nematology.ifas.ufl.edu/assaylab/> [fecha de consulta: 07/07/2019].
- Valadez L., A. 1990. Producción de hortalizas (Ed.) limusa, México, D.F. pp. 223-233.
- VALENT. 2017. Valent de México: Productos: Insecticidas: Dipel. [en línea]. <http://www.valent.mx/productos/insecticidas/dipel.php> [fecha de consulta: 26/08/2019].

- Vázquez-Pineda, A., N. G. Yáñez-Pérez, M. E. López-Bravo, P. Mendoza-de-Gives, E. Liébano-Hernández, y 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; 57:111–114.
- Versa. 2018. Ficha técnica biorracional. [en línea]. <http://www.grupoversa.net/Public/docs/FICHAS%20TECNICAS/BIORRACIONAL/Chimal.pdf> [fecha de consulta: 16/10/2019].
- 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.
- Villanueva V., C. (2007) Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México. p. 123.
- Fernández E., J. Mena, J. González y M. E. Márquez. 2005. Biological control of nematodes in banana, pp. 193-200. In: D.W. Turner and F.E. Rosales (eds.). *Banana root system: towards a better understanding for its management*. (2003, San José, CR). Memorias. Montpellier, Fr.
- Wei, J. Z., K. Hale., L. Carta, E. Platzer, C. Wong and S. C. Fang. 2001. *Bacillus thuringiensis* crystal proteins that target nematodes. *Microbiol* 2003; 100:2760–2765.