

**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 *Phaseolus vulgaris* L., bajo condiciones de macrotúnel

POR

VICTORIO MARCELINO CECILIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO:

DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA,

FEBRERO 2020

**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 *Phaseolus vulgaris* L., bajo condiciones de macrotúnel

POR:

Victorio Marcelino Cecilio

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

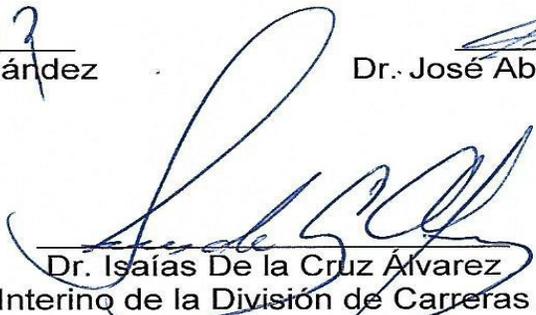
Aprobada por:


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.
Febrero, 2020



**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 *Phaseolus vulgaris* L., bajo condiciones de macrotúnel

POR:

Victorio Marcelino Cecilio

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

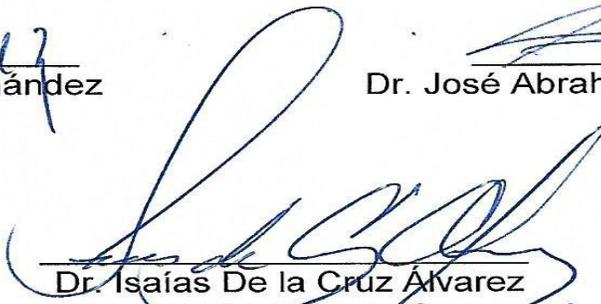
Aprobada por:


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.
Febrero, 2020.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, Principalmente por darme la vida y por haberme permitido llegar al fin de una etapa más de mi vida. Porque siempre fuiste mi guía para seguir con este proyecto que hoy pude cumplir. Gracias por haberme ayudado durante estos años, el sacrificio fue grande, pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo aun cuando me sentía derrotado.

A mis padres, Bonfilio Marcelino Roque y Zeferina Cecilio Roque, gracias por apoyarme en todo momento de mi vida, y sobre todo por su gran confianza y gran esfuerzo, gracias por su gran amor infinito que me tienen y gracias por los consejos que siempre lo tuve presente cada día durante mi preparación en el ámbito profesional.

A mis hermanos (a), Suleima Marcelino Cecilio, Yoeni Marcelino Cecilio, Alexander Marcelino Cecilio, aunque en la mayoría de las veces estuvimos en una batalla y hubo momentos en que la guerra ceso y nos unimos para lograr nuestros objetivos, muchas gracias no solo por ayudarme en lo moral y material, si no por todos los bonitos momentos que pasamos en el proceso, me sirvieron de mucho para crecer en mi vida profesional.

A mi novia, María Jesuita Vargas por brindarme el apoyo incondicional que ha sido sumamente importante, gracias por estar a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosa, siempre ayudándome, no fue fácil culminar con el éxito de este proyecto; sin embargo, siempre fuiste muy motivadora y esperanzadora, me decías que lo lograría perfectamente. Muchas gracias mi amor.

A mis amigos (as), José Alex Jiménez Cruz, Alexis Gabriel Pivaral Chávez, Ángel Mauricio Cano Sandoval, Luis Pablo Mendoza Arias, Maguiel Nava Solano, Juan Jesús Castro, Lili Martínez, Diego David Banda, Carlos Rene Hernández, Amador Méndez, porque son como mi familia y mis mejores amigos, gracias por compartir buenos y malos momentos, conmigo nunca cambien.

A mi Alma Terra Mater, por darme el privilegio de ser parte de ella durante 4 años y medio, es un orgullo y privilegio haberme formado profesionalmente dentro sus instalaciones, dándome el honor de llevar su emblema para toda la vida. Por brindarme todas las herramientas para la acumulación de este logro.

Al Ing. José Alonso Escobedo, quiero agradecer infinitamente todo su apoyo brindado durante gran parte de mi carrera. Por el apoyo, motivación y disposición para realizar este proyecto de investigación.

A todos mis Maestros del departamento de Parasitología, por tener el tiempo y paciencia de transmitir su sabiduría, así como cada uno de sus consejos para hacer de mí un profesionalista de provecho.

DEDICATORIA

A mis **padres**, por haberme forjado en la persona que soy en la actualidad, muchos de los logros se los debo a ustedes en lo que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuenta me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis **hermanas y hermano**, Suleima Marcelino Cecilio, Yoeni Marcelino Cecilio y Alexander Marcelino Cecilio, esperando que este esfuerzo represente un claro ejemplo para ellos para que tengan la noción de seguir superándose en su formación.

A mis **abuelitos** por su gran amor y efecto y por ese apoyo incondicional que me brindaron durante esta etapa de mi vida.

A mis **tíos (as)** por el apoyo brindado incondicionalmente y por estar conmigo en los momentos que más los necesite, los quiero mucho.

RESUMEN

El presente trabajo experimental se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, bajo condiciones de macrotúnel durante el periodo de Otoño – Invierno del año 2018, donde se evaluó la eficacia de 3 nematocidas biológicos para el control de *Meloidogyne incognita*, *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF) y *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH) Abaneem 180, en cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) tipo Strike, 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 del follaje, peso de la raíz e índice de agallamiento en cultivo de frijol causado por *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, demostró que los resultados del tratamiento *Bacillus thuringiensis* con 0.47 cm, testigo sin aplicación con una media de 0.42 cm de diámetro de tallo y Abaneem 180 con 0.41 cm de diámetro de tallo, resultaron estadísticamente iguales. Respecto al tratamiento con *Paecilomyces lilacinus*, este resultó estadísticamente diferente con un valor de

diámetro del tallo de 0.37cm. La evaluación de la longitud de follaje nos señala que los tratamientos que resultaron estadísticamente iguales con mayor longitud de follaje fueron el tratamiento con Abaneem 180 con una media de 30.58 cm, *Bacillus thuringiensis* con una media de 28.79 cm y el Testigo sin aplicación con una media de 26.58 cm. Asimismo, se presentó una diferencia significativa con el tratamiento de *Paecilomyces lilacinus* con una media de 24.79 cm. La evaluación del peso de raíz muestra que todos los tratamientos resultaron con una significancia estadísticamente semejante. Aunque todos fueron estadísticamente iguales el de mayor valor fue el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* presentando una media de 1.50 g, seguido por los tratamientos con Abaneem 180 con una media de 1.37 g, testigo sin aplicación con 1.29 g y el tratamiento de menor valor fue el *Paecilomyces lilacinus* con una media de 1.25 g de peso de raíz. La evaluación de peso de follaje, señala que de los tratamientos que presentan un valor estadísticamente igual fueron el Abaneem 180 con una media de 13.91 g, seguido por *Bacillus thuringiensis* con una media de 13.33 g, Testigo sin aplicación con una media de 10.70 g y posteriormente presentó diferencia *Paecilomyces lilacinus* con una menor media de 9.79 g de peso de follaje. Así mismo la evaluación de índice de agallamiento radicular, señala que el de mayor significancia estadísticamente hablando, fueron los tratamientos de Testigo sin aplicación, con una media de índice de agallamiento radicular de 48.12, y *Bacillus thuringiensis* con una media de 42.79, mientras que los tratamientos que resultaron con valores estadísticamente iguales y bajos, fueron *Paecilomyces lilacinus* con 1.50 de índice de agallamiento y posteriormente Abaneem 180 con una media de 0.91.

Palabras clave: índice de agallamiento, Abaneem, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus*, Nematodos fitoparásitos, *Phaseolus vulgaris* L.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
3.5 Objetivos	3
3.5 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Historia del origen del frijol	4
2.2 Generalidades del frijol	5
2.3 Clasificación taxonómica	6
2.4 Características morfológicas del frijol	7
2.4.1 Raíz.....	7
2.4.2 Tallo	7
2.4.3 hojas.....	8
2.4.4 Flores	8
2.4.5 Fruto.....	9
2.6 Composición química del frijol	9
2.6.1 Composición de proteínas.....	10
2.6.2 Composición de carbohidratos	10
2.6.3 Composición de grasas	10
2.7 Fitoquímicos del frijol	11
2.8 Importancia del cultivo del frijol en el mundo	12

2.8.1 importancia del cultivo de frijol en México	12
2.8.2 Producción de frijol y superficie sembrada en el mundo	13
2.9 Producción de frijol y superficie sembrada en México	14
2.10 Producción y superficie sembrada en la Comarca Lagunera	14
2.11 Requerimientos agroecológicos del frijol	15
2.12 Manejo del cultivo	15
2.12.1 Preparación del terreno	15
2.12.2 Barbecho	16
2.12.3 Rastreo	16
2.12.4 Nivelación	17
2.13 Problemas fitosanitarios del frijol	17
2.13.1 Conchuela <i>Epilachna varivestis</i> (Mulsant) (Coleóptera: Coccinellidae) 17	
2.13.2 Chicharrita del frijol <i>Empoasca fabae</i> (Harris 1841) (Hemíptera: Cicadellidae).....	18
2.13.3 Diabrotica del frijol <i>D. balteata</i> (Leconte) (Coleóptera: Chrysomelidae)	18
2.13.4 Picudo del ejote <i>Apion godmani</i> (Wagner) (Coleoptera: Curculionidae)	19
2.13.5 Mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemíptera: Aleyrodidae) ..	19
2.13.6 Minador de la hoja <i>Liriomyza sativae</i> (Blanchard) (Díptera: Agromyzidae)	20
2.14 Principales enfermedades que afectan el cultivo de frijol	20
2.14.1 Antracnosis <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> (Sacc y Magnus).....	21
2.14.2 Roya <i>Uromyces appendiculatus</i> (Pers)	21
2.14.3 Virus del mosaico dorado del frijol (VMDF)	22
2.15 Pudriciones de la raíz	22

2.15.1 <i>Rhizoctonia solani</i> (J.G. Kuhn 1858)	23
2.15.2 <i>Fusarium oxisporum</i> (Link ex Grey, 1821)	23
2.16 Historia de los nematodos	24
2.16.1 Nematodos agalladores	25
2.16.2 Ubicación taxonómica de <i>Meloidogyne incognita</i>	26
2.16.3 Especies de nematodos que afectan al cultivo	27
2.17 Distribución	27
2.18 Características morfológicas de <i>Meloidogyne incognita</i>	28
2.19 Hospedantes	29
2.20 Ciclo de vida	30
2.21 Biología y Hábitos	31
2.22 Síntomas y daños	31
2.23 Importancia económica	32
2.24 Índice de agallamiento	32
2.25 Manejo integrado de nematodos	33
2.26 Control cultural	34
2.26.1 Rotación de cultivos y cultivos de cobertura	34
2.26.2 Variedades resistentes	34
2.27 Control químico	35
3.28 Control biológico	37
3.29 Uso de extractos vegetales para control de nematodos agalladores ..	38
2.30 Productos a utilizar en el presente estudio	38
2.30.1 <i>Bacillus thuringiensis</i> (DIPEL DF®)	39
2.30.2 <i>P. lilacinus</i> (CHIMAL® 6.53 PH)	39
2.30.3 Abaneem 180 (Abamectina + Neem)	40

III. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Ubicación Geográfica de la Comarca Lagunera	41
3.2 Características del clima	42
3.3 Localización del experimento	42
3.4 Variedad utilizada	42
3.5 Diseño experimental	43
3.6 Actividades realizadas durante el experimento	44
3.7 Siembra	45
3.8 Tratamientos	47
3.9 Emergencia	48
3.10 Riego	48
3.11 Luz artificial	48
3.12 Labores culturales	49
3.13 Fechas de aplicaciones	50
3.14 Control de plagas y enfermedades	51
3.15 Registro de datos	51
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1 Vigor de las plantas	52
4.2 Diámetro de la base del tallo	53
4.4 Longitud del follaje	55
4.5 Peso de la raíz	57
4.6 Peso del follaje	59
4.7 Índice de agallamiento radicular	61
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
VI. LITERATURA CITADA	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Productos químicos autorizados para el uso contra nematodos fitoparásitos.....	35
Cuadro 2. Uso de <i>Paecilomyces lilacinus</i> como nematocida.....	40
Cuadro 3. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Dipel DF) (I), <i>P. lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH) (II), Abaneem 180 (III), Testigo sin aplicación (IV), aplicados para control del nematodo agallador (<i>M. incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2018.	44
Cuadro 4. Tratamientos y dosis a evaluar en planta de frijol (<i>P. vulgaris</i> L) para el control del nematodo agallador de la raíz (<i>M. incognita</i>) UAAAN – UL. 2018.	46
Cuadro 5. Aplicaciones de los productos formulados: Abaneem 180, <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Dipel DF) y <i>P. lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH).	50
Cuadro 6. Comparación de medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....	53
Cuadro 7. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	56
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN.	58
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	60
Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación del Índice de agallamiento radicular con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> ,	

Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.....62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Meloidogyne spp.</i>	31
Figura 2. Macetas con suelo para realizar el experimento.	43
Figura 3. Material utilizado en el experimento.....	46
Figura 4. Siembra de semilla de frijol.	47
Figura 5. Instalación de luz artificial para la aceleración del fotoperiodo de las plantas.	49
Figura 6. Aflojamiento del suelo para una mejor aireación en cultivo del frijol.	50
Figura 7. Toma de datos del cultivo del frijol.	52
Figura 8. Medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180, y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	55
Figura 9. Medias en la evaluación de longitud de follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	57
Figura 10. Medias en la evaluación del peso de raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	59
Figura 11. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	61
Figura 12. Medias del índice de agallamiento radicular, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>B. thuringiensis</i> , <i>P. lilacinus</i> , Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol <i>P. vulgaris</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.	63

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento de la población mundial ha ido aumentando junto a ello la demanda de alimentos se hace presente, dentro de los alimentos básicos el frijol es uno de los cultivos de mayor importancia para los pueblos Mexicanos, ya que se puede consumir como semilla seca y en fruto fresco como ejote ubicándose en segundo lugar por superficie destinada, la mayor importancia radica en el papel que juega para la economía campesina y como fuente vital de proteínas para amplias capas de la población mexicana, sin embargo, a pesar de ser un producto tan necesario para las personas este es muy sensible a las condiciones climáticas que se presentan durante el año agrícola primavera-verano (Infoaserca,1997).

El frijol se considera un producto estratégico en la dieta alimentaria de los pueblos mexicanos debido a sus cualidades nutritivas teniendo una gran importancia en el desarrollo rural y social del país, ya que representa un elemento clave dentro del sector agrícola para el desarrollo socioeconómico. A lo largo de la historia, se ha convertido no solo en un alimento tradicional, sino también en un elemento de identificación cultural, comparable con otros productos como el maíz, soya y cacahuate. El cultivo de frijol se realiza prácticamente en casi todas las regiones del país y condiciones de suelo y clima. Por lo anterior, el frijol ocupa el segundo lugar en importancia dentro de la superficie sembrada total a nivel nacional, solo después del maíz. No obstante, la principal limitante en su producción, la constituye sin duda la escasa disponibilidad de agua, fenómeno que se agudiza en

regiones con bajo régimen pluvial como Zacatecas, Durango y Chihuahua (Rivas *et al.*, 2008).

Los nematodos parásitos de las plantas, se encuentran entre las enfermedades más extendidas en las últimas dos décadas que atraen la atención de los investigadores, especialmente en el campo de la protección de las plantas. Existen miles de géneros y especies de nematodos parásitos vegetales (PPN), que causan daños en calidad y cantidad de rendimiento en cultivos variados; además aumentan los costos de producción por ello es recomendable llevar un calendario de control para prevenir y reducir los daños (Giles, 2014).

Los nematodos son depredadores invisibles del rendimiento que pueden afectar a la mayoría del cultivo de hortalizas. Las reducciones de rendimiento pueden ser cuantiosas, pero varían dependiendo del cultivo y de la especie de nematodos. Los síntomas típicos del daño por nematodos pueden aparecer a nivel superficial o en el subsuelo, en el follaje y en las raíces. Los síntomas foliares generalmente se presentan en forma de achaparramiento de las plantas, marchitez prematura y clorosis foliar (amarillamiento). Bajo infestaciones graves de nematodos, las plántulas o los trasplantes pueden dejar de desarrollarse, se quedan enanas o mueren; provocando mal desarrollo de la densidad de población. Los síntomas ocasionados por nematodos agalladores pueden ser muy notorios. Los nematodos agalladores de raíz se caracterizan por formar áreas hinchadas en las raíces llamadas agallas (Guzmán, 2002)

Dado lo anterior, se procedió a realizar el siguiente trabajo de investigación con la aplicación de nematicidas biológicos, para el control de este importante nematodo *Meloidogyne incognita*.

3.5 Objetivo

Evaluar la eficacia de nematicidas biológicos aplicados en presiembra en frijol *Phaseolus vulgaris* L., para el control del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.

3.5 Hipótesis

La aplicación de nematicidas biológicos en frijol *Phaseolus vulgaris* L., evita el daño de las raíces causado por el nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incógnita*, bajo condiciones de macrotúnel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Historia del origen del frijol

Kaplan (1965) estableció que *P. vulgaris* L, se domesticó en el Valle de Tehuacán, Puebla, México hace aproximadamente 7000 años A.C. probablemente en asociación con el maíz en las cuevas 'El Guitarreo' y 'El Callejón'. En Hualyas, Perú se recuperaron restos de *P. vulgaris* L con características similares a las formas actuales cultivadas de frijol. Esto indica que Perú pudo ser uno de los primeros centros de domesticación del frijol (Kaplan *et al.*, 1973).

Debido a la gran variedad arqueológica de *Phaseolus vulgaris* L. y tal vez a su grado de endemismo, se ha sugerido una domesticación múltiple dentro de Mesoamérica a partir de una especie ancestral, la cual era polimórfica y estaba ampliamente distribuida. La planta de frijol más antigua encontrada en Perú data de hace 2200 años; debido a esto se cree que el frijol fue introducido a las costas de Perú por América Central (Téllez, 2003).

Durante la época precolombina es tal la importancia adquirida del frijol, que la civilización azteca lo incluyó en la lista de artículos que debían cobrarse como tributo que era un permiso que se exigía por el aprovechamiento de los recursos naturales o sitios en los que se establecían y habitaban las poblaciones de menor poderío. México, como parte de Mesoamérica, es considerado como uno de los centros de origen más importantes del mundo de varios tipos de frijol del género *Phaseolus*, entre ellos el que más destaca por su valor comercial es *Phaseolus*

vulgaris L. Existen antecedentes de que esta planta se viene cultivando desde hace aproximadamente 8 mil años. La gran diversidad de climas y nichos ecológicos, así como culturales de nuestro país, llevó durante este gran periodo de la historia a que se desarrollaran una gran diversidad de tipos de frijoles: negros, azulados, flores, bayos, pintos, ayacotes, espolón, y muchos otros más, lo cual constituye un mercado muy variado en cuanto a preferencias y precios (Rivas *et al.*, 2008).

2.2 Generalidades del frijol

El género *Phaseolus* incluye especies leguminosas con alta importancia en el mundo desde el punto de vista alimenticio, que se desarrollan en una amplia variedad de condiciones ambientales que oscila desde los 52° LN hasta los 32° de LS, en los trópicos húmedo y semiárido, e incluso en regiones con clima frío. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es el cultivo más importante de Latinoamérica y otras regiones donde forma parte de la dieta de la población (Acerca, 1997).

2.3 Clasificación taxonómica

Reino: Metaphyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Lotoideae

Tribu: Phaseoleae

Subtribu: Phaseolinae

Género: *Phaseolus*

Especie: *vulgaris*

(CIAT, 1982)

2.4 Características morfológicas del frijol

2.4.1 Raíz

El sistema radical está formado por la raíz primaria o principal que se desarrolla a partir de la radícula del embrión. Sobre esta y en disposición de corona se forman la secundaria y terciarias y otras subdivisiones. Los pelos absorbentes, órganos epidérmicos especializados en la absorción de agua y nutrimentos, se localizan en las partes jóvenes de las raíces laterales donde viven en simbiosis con la planta bacterias del género *Rhizobium* fijadoras del nitrógeno atmosférico. Aunque el sistema radical presenta variación se considera fibroso (Debouck, 1985).

2.4.2 Tallo

El tallo presenta un desarrollo característico en su parte terminal, con dos probabilidades, que depende del hábito de crecimiento de la variedad. Una es que termina en una inflorescencia, el tallo cesa su crecimiento y, en este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado. En la otra, el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo que le permite eventualmente seguir creciendo, formando más nudos y entrenudos, en este caso, la planta es de hábito de crecimiento indeterminado (CIAT, 1984).

2.4.3 hojas

Las hojas son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, son de poca duración, el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad, esta variación está relacionada, con la variedad y con las condiciones ambientales de luz y humedad (Pereira *et al.*, 1984).

2.4.4 Flores

La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados, el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila en su estado inicial, está envuelto por las bractéolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado final, la corola, que aún está cerrada, sobresale, y las bractéolas cubren sólo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre (Fernández, 1986).

2.4.5 Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas, la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar. Internamente, la semilla está constituida por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula. La semilla tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café, morado), de forma y brillo (Muñoz, 1990).

2.6 Composición química del frijol

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico de carbohidratos, vitaminas y minerales, el grano de frijol contiene 22% de proteínas de alta digestibilidad, es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70% de carbohidratos totales y además, aporta cantidades importantes de minerales (Ca, Mg, Fe), Vitamina A, Tiamina, Riboflavina y Ácido ascórbico. El frijol contiene metabolitos secundarios como taninos, flavonoides, ácidos fenólicos y fibra, entre otros (Mejía *et al.*, 2003).

2.6.1 Composición de proteínas

Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. La digestibilidad aparente de los frijoles cocidos puede llegar hasta un 70%. La valina es el aminoácido menos disponible, mientras que la lisina es el más disponible. No obstante, el tratamiento térmico excesivo puede disminuir la disponibilidad de algunos aminoácidos (Ulloa *et al.*, 2017).

2.6.2 Composición de carbohidratos

En relación a la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón y fibra dietética, mientras que la fracción de azúcares (mono, di y oligosacáridos) es significativamente menor (Tovar, 1992).

2.6.3 Composición de grasas

Aunque el contenido de grasa del frijol es bajo, tiene un alto porcentaje de fosfolípidos (25-35% de contenido total de grasa). El ácido linoléico es el ácido graso más abundante (Matthews, 1990).

2.7 Fitoquímicos del frijol

A los componentes o ingredientes fisiológicos activos de ciertos alimentos denominados nutraceuticos o funcionales se les conoce con el término fitoquímico. A su vez, un alimento nutraceutico o funcional es aquel que, por sus componentes fisiológicos activos, proporciona beneficios más allá de la nutrición y puede prevenir enfermedades o promover la salud. Algunos de los fitoquímicos actualmente reconocidos en el frijol son: fibra, polifenoles, ácido fítico, taninos, inhibidores de tripsina y lectinas. El papel que juega la fibra del frijol como fitoquímico es por su efecto hipocolesterolemico, es decir, porque disminuye hasta un 10% el colesterol en la sangre. Por otra parte, la fermentación en el colon de la fibra soluble y el almidón resistente que generan ácidos grasos de cadena corta, provoca la disminución de la síntesis hepática del colesterol (Ramírez *et al.*, 2011).

Los inhibidores de tripsina confieren protección contra rotavirus, inhiben la carcinogénesis y pueden ser utilizadas como agentes quimiprotectores, es decir, para proteger al organismo contra efectos secundarios de tratamientos de ciertas enfermedades. Por otro lado, las lectinas del frijol disminuye el crecimiento de linfomas no-hodking (cáncer del tejido linfoide, que abarca los ganglios linfáticos, el bazo y otros órganos del sistema inmunitario), y pueden utilizarse como marcadores de tumores al identificar células que se encuentran en las primeras etapas de diferenciación a células cancerosas (Fernández *et al.*, 2010).

2.8 Importancia del cultivo del frijol en el mundo

A nivel mundial el cultivo del frijol *Phaseolus vulgaris*, es sumamente relevante en los últimos años, 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. No obstante, su importancia en la dieta de algunos países, en el escenario mundial, el volumen de producción del frijol respecto a granos como el maíz, el trigo y el arroz representa, la leguminosa alimenticia más importante en el consumo humano (Sánchez *et al.*, 2004).

2.8.1 importancia del cultivo de frijol en México

México, ha sido considerado el centro de origen y domesticación más importante del frijol. En particular el frijol tiene un gran valor en la cultura gastronómica de nuestro país y ha sido consumido desde tiempos prehispánicos y en la actualidad es considerado como una especie que ocupa más de una zona de distribución en México, mientras que otras son endémicas y sólo se encuentran en un área delimitada (Debouck, 1987).

El frijol se cultiva en prácticamente todas las regiones del país, bajo todas las condiciones de suelo y clima. A nivel nacional existen alrededor de 500 mil

agricultores dedicados a la producción del cultivo de estudio. Como generador de empleo, es una importante fuente dentro de la economía del sector rural, pues se ha estimado (mediante un modelo de costo de producción promedio) que demanda 35 jornales por hectárea, generando, sólo en la etapa de producción agrícola, un total de 78,316,105 jornales. Que equivale a 382,029 empleos permanentes (Debouck, 1991).

2.8.2 Producción de frijol y superficie sembrada en el mundo

En el 2017, se cultivaron a nivel mundial 36.5 millones de hectáreas de frijol y se produjo un máximo histórico de 31.4 millones de toneladas. Del volumen, 60.6% se cosechó en seis países: India (20.3%), Myanmar (17.4%), Brasil (9.7%), Estados Unidos (5.2%), China (4.2%) y México (3.8 por ciento). Se estima que aproximadamente 70% del cultivo de frijol en el mundo se desarrolla en condiciones de temporal, por lo cual la productividad es altamente vulnerable a las condiciones ambientales, principalmente la cantidad y distribución de la precipitación. En el 2017, el rendimiento promedio mundial en este cultivo se ubicó en 861 kilogramos por hectárea; entre los principales países productores antes mencionados, los rendimientos más altos se obtuvieron en Estados Unidos, con 1,997 kg/ha, y los más bajos en India, con 414 kg; en México se ubicaron en un promedio de 730 kg/ha (SE, 2017).

2.9 Producción de frijol y superficie sembrada en México

En el año agrícola 2017 se sembraron 1.676 millones de hectáreas de frijol en México, es decir, un área equivalente a 7.8% del total de la superficie sembrada de cultivos cíclicos y perennes, sólo superada por el maíz grano (34.9%) y los pastos y praderas (11.8%). La producción de esta leguminosa se ubicó en 1.184 millones de toneladas, con un valor de 16,376 millones de pesos, lo que representó una participación de 2.8% en el valor total de la producción agrícola del país, de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. De la producción de frijol, 72% es de temporal y 65.5% se obtuvo en cuatro entidades: Zacatecas (33.8%), Sinaloa (13.4%), Durango (10.9%) y Chihuahua (7.4 por ciento). En Sinaloa se cultiva en el ciclo otoño-invierno, con cosechas concentradas en febrero, mientras que en las otras entidades mencionadas se cultiva en el ciclo primavera-verano, con los mayores volúmenes de cosecha en noviembre y diciembre (SIAP, 2017).

2.10 Producción y superficie sembrada en la Comarca Lagunera

La delegación de SAGARPA, en la Región Lagunera, registró en el año 2018 una superficie de 4,543 hectáreas de frijol, con una producción de 1,037 toneladas y con un valor de producción de \$10,679,080 (El Siglo de Torreón, 2018)

2.11 Requerimientos agroecológicos del frijol

El cultivo de frijol se distribuye de 50° latitud norte a 45° latitud sur. Se adapta en regiones tropicales y subtropicales semiáridas, así, como en zonas subhúmedas. Se le encuentra desde 0 hasta 2400 msnm (Crispín y Miranda, 1978). El cultivo de frijol se desarrolla bien de 15°C a 25°C, bajas temperatura retardan el crecimiento, mientras que las altas lo aceleran. Temperaturas extremas disminuyen la floración y ocasionan problemas de esterilidad, temperatura de 5°C a 40°C pueden provocar daños irreversibles (White, 1985). Este cultivo requiere de 300 a 500 mm de agua durante el periodo vegetativo, los mejores suelos para el frijol son de textura ligera como los franco-arenoso y franco arcilloso (FAO, 1994).

Con relación al pH del suelo, el rango es de 5.3 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5. Los suelos ácidos ocasionan bajos rendimientos porque desarrolla síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso. En suelos con pH mayor de 8.2 se presentan toxicidad por sales y deficiencia de elementos menores (Gálvez, 1980).

2.12 Manejo del cultivo

2.12.1 Preparación del terreno

Mucho de los problemas de erosión y degradación del suelo en las tierras agrícolas, son atributas a práctica de labranza deficientes, especialmente en la preparación del terreno para la siembra. El efecto beneficio o perjudicial de la labranza depende del tipo de implementos y de la intensidad y formas en que estos

sean usados. Si se prepara adecuadamente el suelo se facilita la emergencia de un número adecuado de plántula de frijol, estas son vigorosas y con ello se incrementa las posibilidades de obtener rendimientos altos (Rosas, 2003)

2.12.2 Barbecho

Se sugiere realizar esta práctica, con el arado de vertedera, inmediatamente después de la cosecha a una profundidad de 25 a 30 centímetros. El barbecho incorpora los residuos de la cosecha, facilita la captación de agua y favorece el buen desarrollo de las raíces. También se exponen las larvas de los insectos plaga a las temperaturas bajas del invierno, lo que reduce su incidencia y ataque en el siguiente ciclo de cultivo (Cesaveg, 2012).

2.12.3 Rastreo

Según el tipo del suelo, después del barbecho se recomienda efectuar uno o dos pasos de rastra en forma perpendicular al barbecho para deshacer los terrones y conservar la humedad del suelo. El primer paso de rastra debe hacerse 15 días después del barbecho el segundo poco antes de la siembra para eliminar la primera generación de la maleza y facilitar la siembra, germinación de la semilla y el desarrollo de las raíces del cultivo (Lardizábal y Segura 2013).

2.12.4 Nivelación

En las áreas de riego y en algunas de temporal se sugiere esta práctica para lograr una buena distribución del agua de riego y evitar encharcamiento en las partes bajas del terreno (Cesaveg, 2012).

2.13 Problemas fitosanitarios del frijol

Los insectos que comen las hojas, las vainas y las semillas de frijol constituyen plagas de las cuales las más importantes son: conchuela, chicharritas, picudo del ejote, los minadores de la hoja, las doradillas o loritos y mosca blanca entre otras (Rosas, 2005).

2.13.1 Conchuela *Epilachna varivestis* (Mulsant) (Coleóptera: Coccinellidae)

La conchuela del frijol es un insecto de cuerpo oval y convexo que mide aproximadamente 9 mm de largo, es de color café cobrizo y tiene 26 puntos negros en la cubierta de las alas. El daño que causan larvas y adultos se aprecia claramente en las hojas de la planta, las cuales adquieren un aspecto característico de descarnado donde quedan únicamente las nervaduras cuando las poblaciones de esta plaga son muy elevadas llegan a alimentarse tanto de vainas como tallos de las plantas (Kabissa y Fronk, 1986).

2.13.2 Chicharrita del frijol *Empoasca fabae* (Harris 1841) (Hemíptera: Cicadellidae)

Son insectos de color variable, pero predominan los grises y verdes; miden de 2 a 3 milímetros de longitud y alrededor de 1 milímetro de ancho. La fase del huevo al estado adulto dura entre 15 y 25 días, por lo cual se pueden presentar de 2 a 3 generaciones en un ciclo de cultivo. Las ninfas son similares a los adultos, excepto que son más pequeñas, carecen de alas y por lo regular viven debajo de las hojas y son de color verdoso. Los daños ocasionados por ninfas y adultos con su aparato bucal picador-chupador causan amarillamiento en los bordes de los folíolos, enroscamiento de las hojas hacia el envés, achaparramiento de la planta y deformación de las vainas (Velásquez *et al.*, 2008).

2.13.3 Diabrotica del frijol *D. balteata* (Leconte) (Coleóptera: Chrysomelidae)

Los huevos de este insecto son de color blanco amarillento y de forma alargada, aproximadamente de 0.6 mm de largo. Las larvas son inicialmente de color blanco, volviéndose amarilla según la etapa de crecimiento, su cuerpo es largo, cilíndrico y ligeramente encorvado, llegando a medir de 9 a 10 mm al final de su desarrollo. La pupa es de tipo exarata y de color blanco, se forma en una pequeña celda en los primeros 15 a 20 cm del suelo. El adulto mide 4 a 5.5 mm, es de color casi blanco al salir de la pupa, pero a las 4 o 6 horas de emerger se torna verde amarillento. El tórax también es verde y la cabeza de color rojo oscuro o marrón claro. En los élitros normalmente se observan tres líneas transversales de color

verde pálido o amarillento y una más oscura longitudinalmente a los mismos, aunque la intensidad de estas manchas puede variar hasta resultar casi ausentes. Los adultos comen follaje, flores y yemas, haciendo agujeros irregulares, pueden defoliar las plántulas. Transmiten el mosaico rugoso del frijol y otras enfermedades víricas (INATEC, 2016).

2.13.4 Picudo del ejote *Apion godmani* (Wagner) (Coleoptera: Curculionidae)

El picudo del ejote es una plaga importante del frijol. El adulto es un escarabajo pequeño de 2 a 3 mm de longitud, de color negro y provisto de un pico largo y curvo hacia adentro. La hembra deposita sus huevos en las vainas tiernas. Cerca de las semillas en formación, el huevo desarrolla una pequeña larva blanca en forma de coma que penetra al grano en formación, del cual se alimenta y destruye; solo se encuentra una larva por grano. Las pupas se desarrollan en el interior de la vaina y los adultos emergen poco después que ésta ha madurado. Las vainas con más de un grano dañado, se deforman y se tornan flácidas (IICA, 2010).

2.13.5 Mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)

El adulto tiene de 1 a 2 mm de longitud y presenta un color blanco. La duración del ciclo total de huevos a emergencia de adultos es de 23 a 28 días, dependiendo de factores ambientales y biológicos, al nacer, las ninfas permanecen en la parte inferior de la hoja y chupan la savia. El daño directo causado por la ninfa

ocurre cuando éstas succionan los nutrientes del follaje, el cual se presenta con amarillamiento, moteado y encrespamiento de las hojas, seguidos de necrosis y defoliación. El adulto es considerado un transmisor importante de virosis capaces de causar la muerte de plantas (Escoto, 2011).

2.13.6 Minador de la hoja *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Díptera: Agromyzidae)

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).

2.14 Principales enfermedades que afectan el cultivo de frijol

Al frijol lo atacan numerosas enfermedades, pero las que causan mayores daños son la antracnosis, los tizones, la roya, pudriciones de la raíz y mosaico

2.14.1 Antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc y Magnus)

La antracnosis del frijol es una enfermedad de importancia económica del cultivo del frijol. En el follaje, los síntomas iniciales aparecen en el envés de las hojas como pequeñas lesiones rojizas a lo largo de las nervaduras, que al aumentar de tamaño se vuelven de color café oscuro o negro, siendo visibles primeramente en el envés. Las lesiones también pueden presentarse en pecíolos y tallos. Cuando la enfermedad se transmite por semilla, las primeras lesiones pueden aparecer en los cotiledones e hipocotilo. En las vainas aparecen lesiones redondas, hundidas, de color café rojizo, transformándose en chancros hundidos rodeados de un borde púrpura o rojo ladrillo (Escoto, 2013).

2.14.2 Roya *Uromyces appendiculatus* (Pers)

La roya es una enfermedad de mucha importancia en el cultivo de frijol. Los primeros síntomas se observan en el envés de las hojas como pequeñas manchas blanquecinas ligeramente levantadas, las cuales se transforman en pústulas rojizas en el haz. Puede haber daños en vainas y pecíolos. Las pústulas al madurar, liberan esporas (polvillo rojizo) que son transportadas por el viento, el hombre y los implementos de trabajo, medios que permiten la diseminación de la enfermedad. Al final del ciclo pueden aparecer pústulas de color oscuro o negro (telios), con esporas que preservan la enfermedad de un ciclo a otro (Castaño, 1984).

2.14.3 Virus del mosaico dorado del frijol (VMDF)

Es transmitido principalmente por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual se alimenta de plantas enfermas y transmite el virus a plantas sanas de frijol y a otras plantas hospederas. No se trasmite por semillas. El follaje de las plantas susceptibles adquiere una coloración amarilla intensa o dorada. Se presenta desde que la planta es pequeña y con altas poblaciones de mosca blanca. La coloración amarilla llega a cubrir toda la lámina foliar dándole un aspecto completamente dorado (Escoto, 2011).

2.15 Pudriciones de la raíz

Las pudriciones de la raíz pueden ser causadas por un gran número de hongos entre los que figuran: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Thielaviopsis*, *Sclerotium*, *Aphanomyces*, *Phymatotrichopsis* y *Macrophomina*. Entre las enfermedades que afectan al frijol (*P. vulgaris* L.) la pudrición de raíz causada por los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* se consideran las más importantes debido a la amplia distribución en todas las zonas de producción del cultivo y a la reducción de rendimiento que causa del frijol (Navarrete y Acosta, 1999).

2.15.1 *Rhizoctonia solani* (J.G. Kuhn 1858)

El hongo puede inducir pudrición de la semilla, muerte de plántulas, cánceres en el tallo, pudrición de la raíz y de las vainas. El hongo puede invadir y destruir la semilla antes de la germinación. Después de la germinación el hongo puede atacar la plántula matándola rápidamente. En ambos casos el efecto de la enfermedad se observa como una baja población de plántulas. Los síntomas característicos de las plantas enfermas son las lesiones hundidas de color café rojizo que se localizan en el tallo de la planta. Al avanzar la enfermedad las lesiones se agrandan, toman una coloración más oscura y un aspecto más áspero, retardan el desarrollo de la planta y eventualmente pueden matarla (Campos, 1991).

2.15.2 *Fusarium oxisporum* (Link ex Grey, 1821)

Los síntomas iniciales provocados por este hongo aparecen como lesiones rojizas en la raíz de la planta una o dos semanas después de la emergencia de la plántula. Con el paso del tiempo las lesiones se agrandan y unen cubriendo la mayor parte de la raíz hasta la línea del suelo, pero no más allá. Estas lesiones no presentan márgenes definidos y pueden acompañarse de fisuras o grietas a lo largo de la herida. El hongo mata las raíces primarias, pero no se observa una marchitez pronunciada en el follaje, aunque algunas plantas pueden mostrar achaparramiento, amarillamiento y pérdida prematura del follaje. Las plantas enfermas producen más raíces (adventicias) por arriba de las lesiones con lo que se puede compensar el rendimiento a condición de que no falte la humedad en el suelo. Frecuentemente

las nuevas raíces son también infectadas y muertas por el hongo (Abawi *et al.*, 1990).

2.16 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 abundantes en el reino animal, en términos de biomasa, constituye uno de los grupos más numerosos, pues pueden encontrarse hasta 20,000, 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).

Los nematodos formadores de agallas del género *Meloidogyne* spp. y los nematodos de la remolacha azucarera *Heterodera schachtii*. Son reportados como los de mayor importancia económica debido a la alta tasa de plantas hospedadas. 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).

2.16.1 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 a 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).

2.16.2 Ubicación taxonómica de *Meloidogyne incognita*

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida

Suborden: Tylenchina

Superfamilia: Heteroderoidea

Familia: Heteroderidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

Especie: *M. incognita*

(Cepeda, 2001).

2.16.3 Especies de nematodos que afectan al cultivo

Las especies más comunes, económicamente importantes y causantes del 90 % de daño a cultivos agrícolas, a nivel mundial son: *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, y *M. hapla*. Las principales características de estas especies, basadas en la morfología de los modelos perineales de los genitales de hembras adultas se describen a continuación (Eisenback *et al.*, 1983).

- ❖ *Meloidogyne incognita*. Arco dorsal alto, cuadrados y sin líneas laterales claramente visibles, es la característica determinante para identificar a esta especie.
- ❖ *Meloidogyne javanica*. Arco bajo redondeado y con líneas laterales bien visibles que se 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.
- ❖ *Meloidogyne arenaria*. Arco dorsal con “hombreras”, formadas por ondulaciones pronunciadas de las estrías que se bifurcan, también cerca de las líneas laterales, son los caracteres más importantes de esta especie (Eisenback *et al.*, 1983).

2.17 Distribución

Campos, 1991, menciona que la presencia de nematodos del género *Meloidogyne* son comunes en los cultivos de frijol, en el norte del estado de

Tamaulipas; Delicias, Chihuahua; Villa Constitución, Baja California Sur, y en La Laguna. Por otra parte, Agrios, 1991, cita que los nematodos del nódulo de la raíz se encuentran en todo el mundo, pero con mayor frecuencia y abundancia en regiones con clima cálido e inviernos cortos y moderados. Caswell, 1999, reporta que su distribución es cosmopolita, pero es más común en áreas templadas, tropicales y subtropicales.

2.18 Características morfológicas de *Meloidogyne incognita*

La larva 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 de un 5 % (Taylor y Sasser, 1978).

La larva migratoria de 2^{do} instar, fluctúa 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. 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).

Muestra claro dimorfismo sexual, las hembras tienen forma de pera de 0.5 a 1.2 mm de largo por 0.27 a 0.75 mm de ancho, tienen estilete delgado con protuberancias basales ligeramente desarrolladas y tienen un modelo circular en la región perineal. Los machos pueden llegar medir de 0.9 a 1.9 mm de largo y de 23 a 53 μm de diámetro; tienen un estilete bien desarrollado con nódulos basales, no tienen bursa, pero sí espícula y gubernáculo. La hembra pone aproximadamente 500 huevecillos aunque el número puede variar según las condiciones del clima (López *et al.*, 1991).

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 (Bello *et al.*, 1994).

2.19 Hospedantes

El rango de hospederos es muy amplio, más de 700, en los cuales se incluyen cultivos de grano y plantas ornamentales. Así mismo se menciona que en

México, los cultivos de importancia económica que han sido atacados por este nematodo, se ha reportado en, jitomate, tomate, chile, frijol, remolacha, durazno, fresa, calabacita, melón, vid, garbanzo, entre otros (Cepeda, 1996).

2.20 Ciclo de vida

Los nematodos tienen típicamente cuatro estados larvales juveniles entre el huevo y el adulto, con mudas entre cada estado que les permiten crecer (Figura 1). 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. 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 radiculares para convertirse en células gigantes suele iniciarse al mismo tiempo en que los segundos estados juveniles (J2) comienzan a ensancharse (Tang *et al.*, 1994).

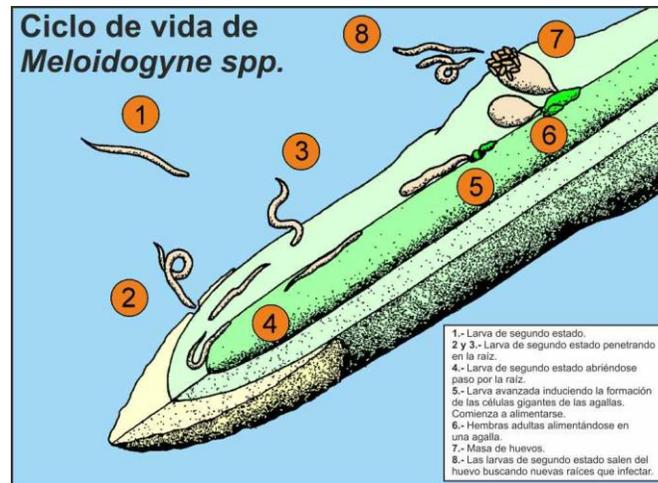


Figura 1. Ciclo de vida de *Meloidogyne* spp.

2.21 Biología y Hábitos

Meloidogyne incognita es un endoparásito sedentario porque las hembras permanecen estacionarias, después de alimentarse comienzan a producir huevos a los 5 a 7 días después de la muda final y son capaces de producir hasta 750 huevos (Starr, 1998). Los huevos son depositados en el interior de una matriz gelatinosa (masa de huevos) que emerge hacia la superficie de la raíz. Tanto los huevos como los J2 contribuyen a la sobrevivencia del invierno, con los J2 siendo el inóculo primario en la primavera (Jeger *et al.*, 1993).

2.22 Síntomas y daños

En raíces de las plantas atacadas se forman numerosas agallas y tumores de forma y tamaño variable; la deformación de raíces dificulta el desarrollo de las plantas y las debilitan. Durante la floración se cae mucha flor o provoca abortos

delos frutos, lo que disminuye considerablemente el rendimiento. En la parte aérea los síntomas son indistintos, semejantes a plantas con problemas de raíces, como amarillamiento, achaparramiento y marchitez prematura (Agrios, 2005).

2.23 Importancia económica

Los nematodos de los nódulos radiculares (*Meloidogyne* spp.) son reconocidos como una gran amenaza para los productores de frijol, pues son capaces de causar pérdidas arriba del 60% en campos de frijol severamente infestados (Ngundo y Taylor, 1974). Es conocido que las infecciones por nematodos de los nódulos radiculares suprimen la nodulación y por ende la fijación de nitrógeno en plantas leguminosas (Karanja, 1988).

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, indica que 0 = 0; 1 = 25; 2 = 50; 3 = 75 y 4 = 100 % de raíces con agallas.

b) El índice de 0 – 5, indica que 0 = 0; 1 = 10; 2 = 20; 3 = 50; 4 = 80 y 5 = 100 % de raíz agallada.

c) El índice de 1 – 6, indica que 1 = 0; 2 = 10; 3 = 20; 4 = 50; 5 = 80 y 6 = 100 % del sistema radicular con agallas.

d) El índice de 0 – 10; indica que 0 = 0; 1 = 10; 2 = 20; 3 = 30; 4 = 40; 5 = 50; 6 = 60, 7 = 70; 8 = 80; 9 = 9 y 10 = 100 % del sistema radicular con agallas.

Así mismo, se trabaja con otro índice de agallamiento en escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas y así: 1 = Sin agallas o escasas agallas con un promedio de diámetro de agallas menores de 1 mm, 2 = Escasas agallas, con un promedio de diámetro de agallas entre 1 y 2 mm, 3 = Las agallas en su mayoría no están unidas, con un diámetro promedio entre 2 y 3 mm, 4 = Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio entre agallas entre 3 y 4 mm, 5 = Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio de agallas mayores de 4 mm (Maluf *et al.*, 2002).

2.25 Manejo integrado de nematodos

El Manejo Integrado de Plagas es un método socialmente aceptable, ambientalmente responsable y económicamente práctico para controlar las poblaciones de plagas. El MIP incorpora una variedad de métodos culturales, biológicos y químicos para manejar eficientemente las poblaciones de plagas, mientras reduce la dependencia de los medios químicos de control (Magüe, 1987).

Ningún programa de control puede eliminar al nematodo de los nódulos radiculares en un campo de cultivo, y lo más que puede hacerse es reducir su

población lo suficiente, como para darle tiempo a las plántulas para que queden bien establecidas antes del ataque de los nematodos (Brust *et al.*, 2003).

2.26 Control cultural

2.26.1 Rotación de cultivos y cultivos de cobertura

El establecer granos pequeños durante el invierno seguido de un periodo de barbecho durante el verano ayuda a reducir las poblaciones del nematodo de los nódulos radiculares. Al sembrar cultivos de cobertura de avenas, zempoal o flor de muerto, *Crotalaria (Crotalaria spectabilis)*, entre otras, se reducen las poblaciones de nematodos fitoparásitos (UCD, 2008).

2.26.2 Variedades resistentes

Otra forma de controlar a los nematodos es utilizar materiales genéticos resistentes al patógeno. En algunas ocasiones las plantas poseen resistencia natural por medio de sustancias que son repelentes, tóxicas o inhibitorias al nematodo (Cepeda, 1996).

En California (EUA), los cultivares de frijol Lima grande que son resistentes a *Meloidogyne incognita* son White Ventura N. María, UC-90, y UC-92. El cultivar de frijol baby lima, Cariblanco N, tiene resistencia al agallamiento y reproducción por *M. incognita* y agallamiento por *M. javanica*. Los cultivares Blackeye 5 y CB-46

son altamente resistentes a la mayoría, pero no a todas las poblaciones de *M. incognita*, pero susceptible a *M. javanica*. CB-50 es un cultivar con fuerte resistencia a *M. incognita* y moderada resistencia a *M. javanica* (UCD, 2008).

2.27 Control químico

Aunque se han desarrollado muchas estrategias para manejar a los nematodos parásitos de plantas en los cultivos, el uso de nematicidas clásicos han sido el mayor método usado durante los pasados 50 años para minimizar el daño en la producción de frijol (Powers, 1993) Los nematicidas que han sido más comúnmente utilizados en la producción de frijol a nivel mundial son los carbamatos y organofosforados granulados y ambos son clasificados como no fumigantes. Además, el nematicida fumigante 1, 3-dicloropropeno es también utilizado regularmente en la producción de algodón para el control de nematodos (Bridge y Starr, 2007; Nel *et al.*, 2007).

Para el control de *Meloidogyne* spp. se ha utilizado el método químico (Cuadro 1), donde el bromuro de metilo ha sido el fumigante de suelo que más efectividad ha mostrado. Sin embargo, su uso ha sido registrado y en muchos países prohibido debido a los efectos nocivos que provoca al medio ambiente y al hombre (Cuadra *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Productos químicos autorizados para el uso contra nematodos fitoparásitos.

Nematicida	Formulación	Dosis (ha)	Cultivos y plazo de seguridad
Oxamil	Solución concentrada	2.0-4.0 L	algodón, banano, ornamentales, papa, piña, tabaco y hortalizas
Metam sodio	Granulado	100-1500kg	Fumigante del suelo en preesembra.
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
Basamid	Granulado	300-500 g	Fumigantes del suelo para cultivo de ornamentales,

			solanáceas, entre otros
Oxamil	Granulado	40-100kg	Tomate, chile, frijol, papas, camote,
Etoprofos	Granulado	60-80kg	Papa, pepino.

3.28 Control biológico

El control biológico de nematodos fitoparásitos, así como las prácticas de manejo integrado, son los métodos ecológicamente más seguros y más estudiados como alternativa al empleo de nematicidas de síntesis. Estos sistemas se centran en la búsqueda de especies de plantas que liberen compuestos alelopáticos a través de la volatilización, exudación de las raíces, o de la disolución y descomposición de las plantas o residuos (fenoles, terpenoides, alcaloides, acetilenos, ácidos carboxílicos, etc.). Muchos de estos compuestos son nematódicos o nematostáticos sobre distintas especies de nematodos fitoparásitos. Estos compuestos pueden ser biocidas, o bien interferir de otras formas en el ciclo vital del nematodo (Hidalgo *et al.*, 2008).

Se han utilizado diferentes productos para el control de nematodos con acción antagonista, depredadora y parasitaria de hongos nematófagos (*Arthrobotrys irregularis*), bacterias (*Pasteuria penetrans* y *Bacillus thuringiensis*) y hongos parásitos (*Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium chlamyosporium*, *Catenaria*

auxiliaris, etc.) que se produce de forma natural entre los organismos del suelo (Mosquera *et al.*, 1995).

3.29 Uso de extractos vegetales para control de nematodos agalladores

En los últimos años, el grupo de nematología del DEAB ha realizado diferentes estudios para evaluar la capacidad nematocida de diferentes productos de origen natural como extractos vegetales u ácidos orgánicos como el ácido oxálico, como son el extracto de *Urtica dioica L.*, y *Bioxter*: insecticida orgánico derivado de frutos de *Capsicum annum* sobre la movilidad de *Meloidogyne* spp. En base a los estudios anteriormente mencionados, corroboró la eficacia del oxálico para reducir la viabilidad de los huevos de *Meloidogyne incognita* (Monfort, 2014).

Román, 1984 determino el efecto nematostático de un producto orgánico a base de enzima (Nematrol líquido) contra *Meloidogyne* spp. En cebolla bajo condiciones de invernadero, donde resultó ser eficiente a la dosis alta al 2 por ciento. El género *Rhabditis* no fue afectado por el producto, aun y cuando prevaleció en los muestreos.

2.30 Productos a utilizar en el presente estudio

A continuación, se describen los productos empleados en el experimento.

2. 30.1 *Bacillus thuringiensis* (DIPEL DF®)

Es una bacteria grampositiva que habita en el suelo y que se utiliza comúnmente como alternativa biológica al plaguicida, se han desarrollado experimentos en macetas para demostrar la efectividad de esta bacteria para el control del nematodo *M. incognita*. 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. Preferentemente la dosis recomendada es de 0.5 – 1.0 Kg/ha o 1 g por litro de agua: un sobre de 15 gramos para una mochila de 12- 14 litros de agua (Rodríguez *et al.*, 1991).

2.30.2 *P. lilacinus* (CHIMAL® 6.53 PH)

Paecilomyces lilacinus, es el enemigo natural de muchos géneros de nematodos y algunos insectos. Es efectivo para nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Radophulus*. *Paecilomyces lilacinus*, es un hongo que ofrece grandes ventajas como agente de control biológico, contra *Meloidogyne* spp., debido a su gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y que cuenta con un alto potencial parasítico (Jatala, 1985).

Paecilomyces lilacinus parasita huevos y hembras de nematodos causando destrucción del ovario y reducción de eclosión (Cuadro 2), se han conseguido resultados muy satisfactorios en el control biológico de este nematodo en cultivos

oleícolas como el tomate. Este hongo al parasitar las masas de huevos de los nematodos, deja estériles y muertos a nematodos hembras. Ataca en la masa gelatinosa donde son puestos en colonias sobre la hembra que después de unos días eclosionan causando desastrosos efectos en los nematodos; por consiguiente, por esta acción parasítica hay un efectivo control para las generaciones sucesivas (Fernández, 2002).

Cuadro 2. 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.

2.30.3 Abaneem 180 (Abamectina + Neem)

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

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).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación Geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera tiene una extensión territorial de 500,000 has y está situada en la parte suroeste del Estado de Coahuila. Se encuentra ubicada entre los paralelos 25°25' y 25°30' de latitud norte, y entre los meridianos 102°51' y 103°40' de longitud oeste del meridiano de Greenwich teniendo una altura de 1129 msnm., localizado en el 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 frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo strike 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 3).



Figura 2. Macetas con suelo para realizar el experimento.

Cuadro 3. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel DF) (I), *P. lilacinus* (Chimal 6.53 PH) (II), Abaneem 180 (III), Testigo sin aplicación (IV), aplicados para control del nematodo agallador (*M. incognita*) en *P. vulgaris* L. 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 Actividades realizadas durante el experimento

Para iniciar el trabajo en campo el día 25 de septiembre del 2018 se realizaron actividades de limpieza dentro y fuera del macrotúnel.

Una vez realizadas las actividades, se prosiguió con la colecta de suelo y raíces de arbustos de truenos de los jardines de la UAAAN – UL infestados con nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, ya que el trueno *Ligustrum lucidum* es uno de los hospederos para la supervivencia de este nematodo fitoparásito. Las muestras obtenidas de suelos y raíces fueron

incorporadas al área del macrotúnel para luego realizar la homogenización para obtener una muestra compuesta.

3.7 Siembra

Después de haber realizado el muestreo del suelo a utilizar para el desarrollo de las plantas de frijol, el día 02 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. 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 04 de octubre del 2018, en presiembra se llevaron a cabo aplicaciones de los productos formulados, en los tratamientos a evaluar en las macetas, excepto el testigo sin aplicación, tal y como se muestra en el (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tratamientos y dosis a evaluar en planta de frijol (*P. vulgaris* L) para el control del nematodo agallador de la raíz (*M. incognita*) UAAAN – UL. 2018.

TRATAMIENTOS	I.A	DOSIS
1. Dipel DF	<i>Bacillus thuringiensis</i>	5gr /1lto de agua
2. Chimal 6.53 PH	<i>P. lilacinus</i>	5gr/1l agua
3. Abaneem 180	Abamectina + Neem	10ml/1lto de agua
4. Testigo absoluto	Sin aplicación	Sin dosis



Figura 3. Material utilizado en el experimento.

La siembra se realizó el día 05 de octubre del 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 posteriormente se seleccionaron

mediante un aclareo, quedando la planta más vigorosa para su posterior evaluación a los 40 días después de la emergencia.



Figura 4. Siembra de semilla de frijol.

3.8 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en aplicaciones una vez por semana, se realizaron 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 11 de octubre de 2018 se observó un 95% de emergencia en las macetas, el otro 5% emergió un día después.

3.10 Riego

Los riegos después de la emergencia fueron realizados cada tercer día para mantener la humedad del suelo.

3.11 Luz artificial

25 de octubre del 2018 (Figura 5) se instaló una línea de focos en el macrotúnel con la finalidad de acelerar el fotoperiodo de las plantas, dos días después se colocó un plástico en la parte exterior del macrotúnel para ayudar a incrementar la precocidad y prevenir el estrés de la planta provocado por heladas, lluvias o granizos.



Figura 5. Instalación de luz artificial para la aceleración del fotoperiodo de las plantas.

3.12 Labores culturales

Las actividades realizadas durante el desarrollo de las plantas fueron: el control de maleza y remoción del suelo en forma manual con ayuda de herramientas de campo (palita de jardín) (Figura 6), 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 6. Aflojamiento del suelo para una mejor aireación en cultivo del frijol.

3.13 Fechas de aplicaciones

Las aplicaciones de los productos formulados a cada tratamiento se realizaron siguiendo las fechas y dosis establecidas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Aplicaciones de los productos formulados: Abaneem 180, *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel DF) y *P. lilacinus* (Chimal 6.53 PH).

No. De aplicación	Fecha
1	04/10/2018 (presiembr)
2	10/10/2018 (después de la emergencia)
3	17/10/2018 (después de la emergencia)
4	24/10/2018 (después de la emergencia)
5	31/10/2018 (después de la emergencia)
6	07/10/2018 (después de la emergencia)
7	14/10/2018 (después de la emergencia)

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, ya que a los 20 días de desarrollo y crecimiento vegetativo se observaron en promedio 7 moscas blancas (*Bemisia tabaci*) por planta.

3.15 Registro de datos

A los 40 días después de la emergencia, el día 20 de noviembre del año 2018 se realizó la toma de datos de los parámetros requeridos para evaluar y determinar el vigor de las plantas (Figura 7). Lo primero que se realizó fue la extracción de las plantas de frijol de las macetas cuidadosamente para no romper el sistema radicular. Luego con agua a presión fueron lavadas, para descubrir el sistema radicular, este proceso se realizó con mucho cuidado para no dañar las raicillas de las plantas. Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas, se colocaron en bolsas etiquetadas para ser trasladadas al Laboratorio de parasitología de la UAAAN UL, para llevar a cabo la medición individual de cada planta, tomando los datos de altura, diámetro de la base del tallo con la ayuda de un vernier, peso del follaje y peso de raíz, con un microscopio estereoscópico se realizó el conteo del número de agallas radiculares en cada planta (de acuerdo con la escala propuesta por Barker).

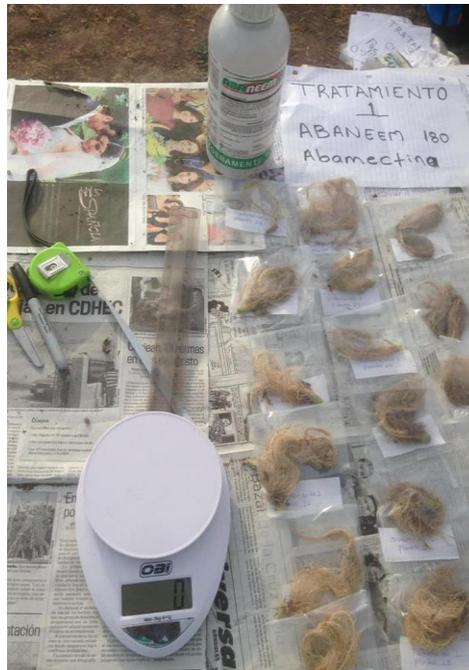


Figura 7. Toma de datos del cultivo del frijol.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), se desarrollaron por cuarenta días bajo condiciones de macrotúnel, y en suelos completamente infestados por nematodos agalladores *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, peso de la raíz, longitud y peso del follaje e índice de agallamiento en los diferentes tratamientos. Posteriormente

los datos recabados estuvieron sujetos a un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con una comparación $\alpha= 0.05$ utilizando el paquete de análisis estadístico SAS®, como también la escala propuesta por Barker (1985) para determinar solamente 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 frijol después de 40 días de la emergencia, según la prueba de Tukey, demostró que los resultados del tratamiento *Bacillus thuringiensis* con 0.47 cm, testigo sin aplicación con una media de 0.42 cm de diámetro de tallo y Abaneem 180 con 0.41 cm de diámetro de tallo, resultaron estadísticamente iguales. Respecto al tratamiento con *Paecilomyces lilacinus*, este resultó estadísticamente diferente con un valor menor de diámetro del tallo de 0.37cm (Cuadro 6), (Figura 8).

Cuadro 6. Comparación de medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus* Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Diámetro del tallo (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	0.47083	A	
Testigo <i>sin aplicación</i>	Sin aplicación	0.42917	A	B
Abaneem 180	10 ml/l agua	0.41667	A	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	0.37500		B

PF: Producto Formulado

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

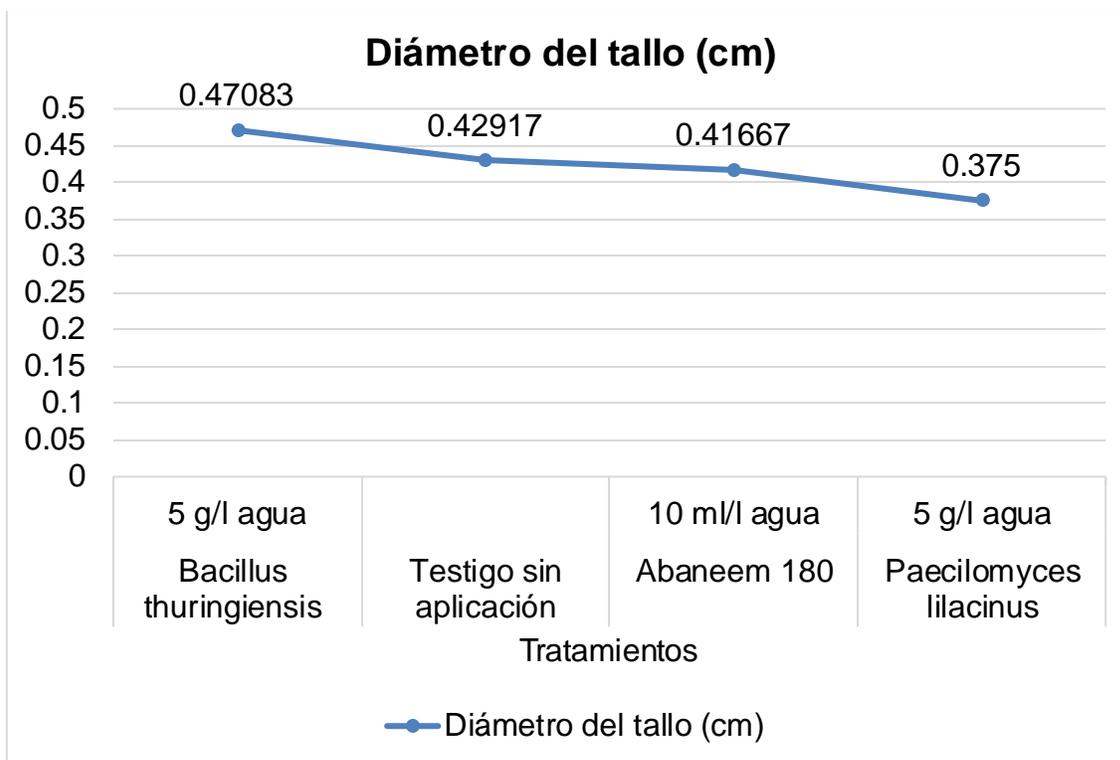


Figura 8. Medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180, y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.4 Longitud del follaje

La evaluación de la longitud del follaje con la comparación de medias según la prueba de Tukey, nos señala que los tratamientos que resultaron estadísticamente iguales con mayor longitud de follaje fueron el tratamiento con Abaneem 180 con una media de 30.58 cm, *B. thuringiensis* con una media de 28.79 cm y el Testigo sin aplicación con una media de 26.58 cm. Asimismo, se presentó una diferencia significativa con el tratamiento de *P. lilacinus* con una media menor de 24.79 cm (Cuadro 7), (Figura 9).

Cuadro 7. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF	Longitud del	Comparación	
	(ml/g)/L	follaje (cm)	($\alpha=0.5$)	
Abaneem 180	10 ml/l agua	30.583	A	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Sin aplicación	28.792	A	B
Testigo	5 g/l agua	26.583	A	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	24.792		B

PF: Producto Formulado

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

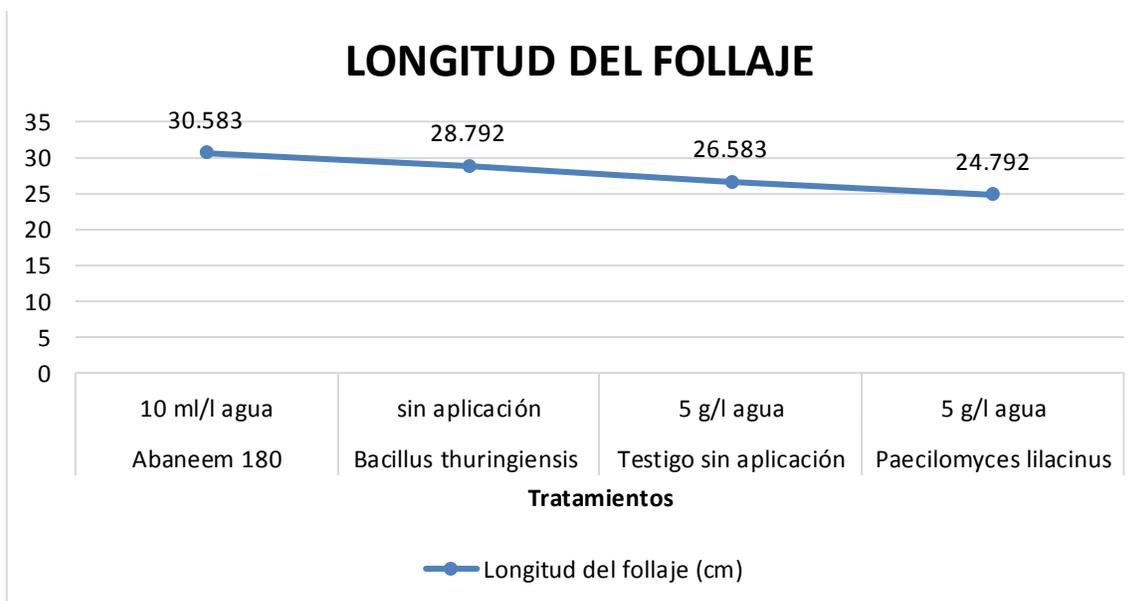


Figura 9. Medias en la evaluación de longitud de follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.5 Peso de la raíz

La evaluación del peso de la raíz con la comparación de medias en la prueba de Tukey, (Cuadro 8), (Figura 10) muestra que todos los tratamientos resultaron con una significancia estadísticamente semejante. Aunque todos fueron estadísticamente iguales el de mayor valor fue el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* presentando una media de 1.50 g, seguido por los tratamientos con Abaneem 180 con una media de 1.37 g, testigo sin aplicación con 1.29 g y el tratamiento de menor valor fue el *Paecilomyces lilacinus* con una media de 1.25 g.

Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN.

Tratamientos	Dosis PF	Peso de raíz	Comparación
	(ml/g)/L	(g)	(a=0.5)
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	1.5000	A
Abaneem 180	10 ml/l agua	1.3750	A
Testigo	Sin aplicación	1.2917	A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	1.2500	A

PF: Producto Formulado

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

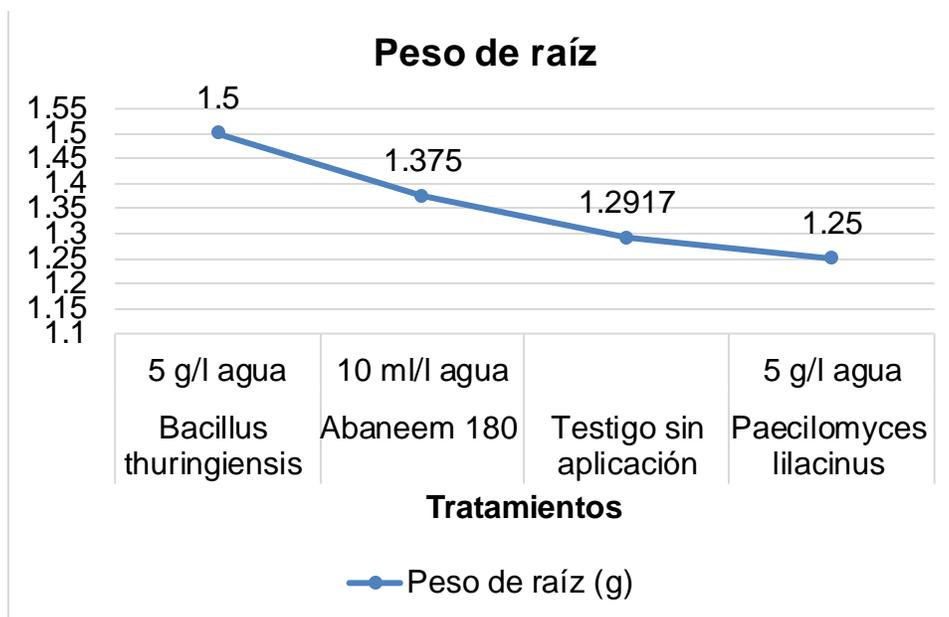


Figura 10. Medias en la evaluación del peso de raíz, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018

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 Abaneem 180 con una media de 13.91 g, seguido por *Bacillus thuringiensis* con una media de 13.33 g, Testigo sin aplicación con una media de 10.70 g y posteriormente presentó diferencia *Paecilomyces lilacinus* con una menor media de 9.79 g de peso de follaje (Cuadro 9), (Figura 11).

Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF	Peso de follaje	Comparación	
	(ml/g)/L	(g)	($\alpha=0.5$)	
Abaneem 180	10 ml/l agua	13.917	A	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	13.333	A	B
Testigo	Sin aplicación	10.708	A	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	9.292		B

PF: Producto Formulado

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

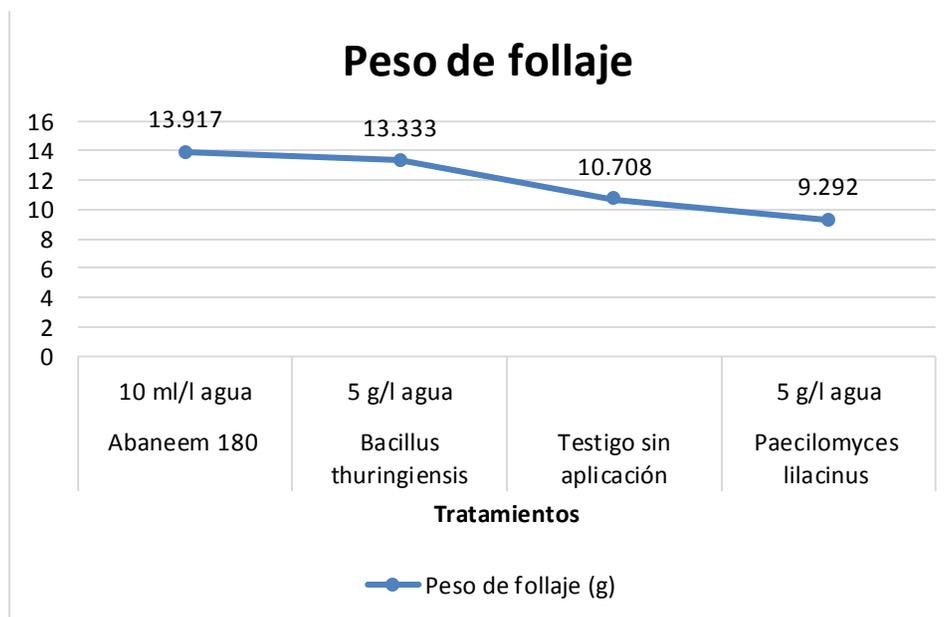


Figura 11. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

4.7 Índice de agallamiento radicular

La evaluación del Índice de agallamiento radicular con la comparación de medias en la prueba de Tukey (Cuadro 10), (Figura 12), señala que el de mayor significancia estadísticamente hablando, fueron los tratamientos de Testigo sin aplicación, con una media de índice de agallamiento radicular de 48.12, y *Bacillus thuringiensis* con una media de 42.79, mientras que los tratamientos que resultaron con valores estadísticamente iguales y bajos, fueron *Paecilomyces lilacinus* con 1.50 de índice de agallamiento y posteriormente Abaneem 180 con una media de 0.91.

Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación del Índice de agallamiento radicular con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g)/L	Índice de agallamiento radicular	de Comparación ($\alpha=0.5$)
Testigo	Sin aplicación	48.125	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	42.792	A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	1.500	B
Abaneem 180	10 ml/l agua	0.917	B

PF: Producto Formulado

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

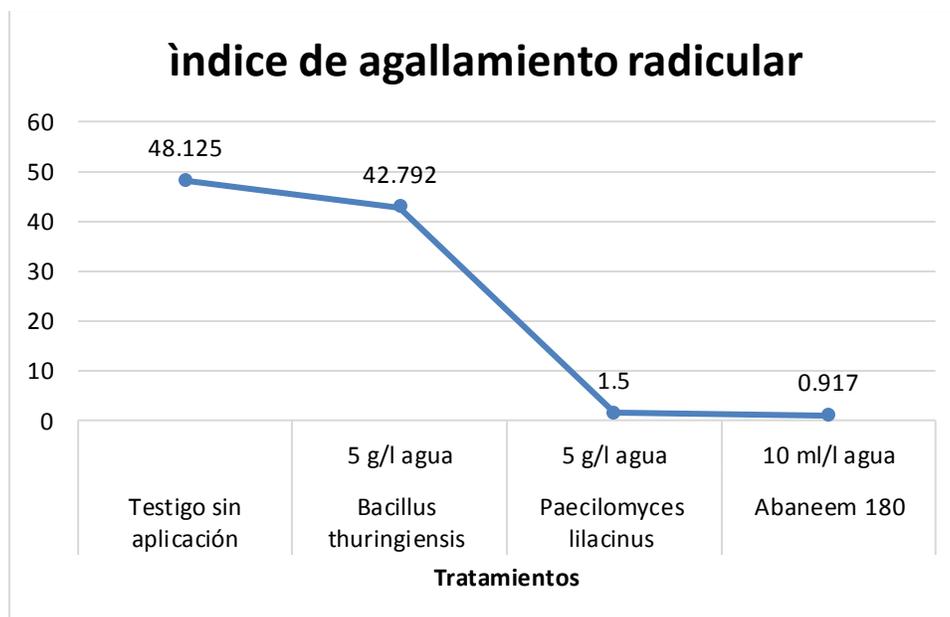


Figura 12. Medias del índice de agallamiento radicular, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*B. thuringiensis*, *P. lilacinus*, Abaneem 180 y un testigo sin aplicación) en el cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2018.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ En la evaluación del diámetro de la base del tallo de las plantas de frijol 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 0.47 cm de diámetro de tallo.

✓ La evaluación de la longitud del follaje de las plantas de frijol, el tratamiento que resultó con una mayor media fue el producto, Abaneem 180 con una media de 30.58 cm, por lo que muestra un efecto positivo en el desarrollo de la planta.

✓ En la evaluación del peso del follaje de las plantas de frijol, los tratamientos, que presentan un valor estadísticamente igual fueron el Abaneem 180 con una media de 13.91 g, seguido por *Bacillus thuringiensis* con una media de 13.33 g.

✓ En 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. Aunque todos fueron

estadísticamente iguales, el de mayor valor fue el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* presentando una media de 1.50 g, seguido por, Abaneem 180 con una media de 1.37 g resultaron ser eficientes al demostrar que no tienen efectos negativos en el crecimiento y desarrollo radicular del cultivo.

✓ En 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 Abaneem como alternativa actual para el control de nematodos fitopatógenos presenta eficientes resultados. Y se demuestra que las formulaciones basadas en Abaneem tienen potencial nematicida, tal como lo señalan la PROANSA, 2017 y Becker, 2011.

✓ 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 y Jatala, 1985, se recomienda que al 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 en los sistemas de producción.

✓ Debido a la alta contaminación que producen los plaguicidas sintéticos, se han estudiado y evaluados productos de origen vegetal, siendo una alternativa para el manejo de plagas, a base de productos biológicos, para reducir el daño del ecosistema y en este trabajo se demostró que la aplicación de productos biológicos (*Paecilomyces lilacinus*, Abaneem 180), utilizados como nematicidas resultan muy eficientes para el control de *Meloidogyne incognita* en cultivo de frijol *P. vulgaris* L, disminuyendo el uso de plaguicidas sintéticos.

VI. LITERATURA CITADA

- Agrios N., G. 1991. Manual de enfermedades de las plantas. Editorial Limusa. Primera edición., México. D.F. 756 p.
- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Academic Press. New York. USA. pp. 510-525.
- Abawi, G. S. and M. A. Pastor-Corrales. 1990. Root beans in Latin America: Diagnosis, research, methodologies and management strategies. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 114 p.
- Acerca J., C. 1997. El cultivo de frijol común en América Tropical. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano. Honduras. pp. 39-45.
- Anaya R. y R. Nápoles. 1999. Hortalizas: Plagas y enfermedades. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 64-70.
- Arboleda, F. J., O. A. Guzmán. and J. F. Restrepo. 2010. Efecto in vitro de extractos acuosos de higuierilla (*Ricinus communis* L.) sobre el nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Revista Mexicana de Fitopatología, 18 (2): 25 - 36. ISSN 0568-3076.
- Barker, K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays. [en línea] <http://www.plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Methods/Rkindx.htm>. [fecha de consulta: 25/12/2019].
- 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.
- Bello A., Escuer M., Pastrana, M.A. 1994. Los nematodos fitoparásitos y su control en ambientes mediterráneos. *Patología vegetal* II:1039-10100.
- Bridge J., and J. L. Starr. 2007. Cotton. (In Northcott, J. & Maxwell, R., eds. *Plant nematodes of agricultural importance: a color handbook*. London: Academic Press. p.p. 114-120.
- 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.
- CASTAÑO J. 1984. Diagramas estándares para la cuantificación de daños provocados por las principales enfermedades del frijol causadas por hongos, bacterias y nemátodos. CIAT, Calí, Colombia. 41 p.
- Campos A., J. 1991. *Enfermedades del frijol*. Editorial Trillas, México. D.F, p. 132.
- Caswell-chen, E. 1999. *Nematology 110. Lecture Ouhin & Syllabus*. UC Davis. California.USA. [en línea]
<http://ucdnema.ucdavis.edu/imagemap/nemmap/ENT156HTML/contents>.
[fecha de consulta 13/11/2019].

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. Etapas de desarrollo de las plantas de frijol común. Guía de estudio. Cali, Colombia. p. 23.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1984. Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol [en línea] <http://www.fao.org/3/a-a1359s.pdf> [fecha de consulta 25/11/2019].

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.

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/CESAVE/Mosquita_Blanca.pdf. [Fecha de consulta 14/12/2019].

Cuadra R., J. Ortega., L. Soto y María de los A. Zayas. 2009. Efecto del dazomet en el control de nematodos agalladores en producción de pepino en condiciones de cultivo protegido. [en línea] instituto de Investigaciones de Agricultura tropical. Santiago de Las Vegas, boyeros, ciudad de la Habana, Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1010275220090001000108script=sci_arttext. [fecha de consulta: 09/12/2019].

- Debouck, D. G. 1985. Guía Técnica Descripción Varietal de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). 22 p.
- Debouck, D. G. 1987. *Phaseolus* germplasm collection in the Huasteca and surrounding regions, Mexico. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy. AGPG/IBPGR: 87/65, mimeographed, 26 p.
- Debouck, D. G. 1991. Una visión diferente sobre la exploración de germoplasma: el caso de los frijoles (*Phaseolus*). *Diversity* 7:54-55.
- El Siglo de Torreón. 2018. Resumen Económico y de noticias 2018. Torreón, Coah., México. p. 30.
- Escoto N. (2011). Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). El cultivo del frijol. 2da Edición. Tegucigalpa, Honduras. 36 p.
- Escoto N. 2013. El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*): Secretaria de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencias y Tecnología Agropecuaria. [en línea]. http://www.agronegocioshonduras.org/wpcontent/uploads/2014/06/el_cultivo_de_frijol_dicta.pdf. [fecha de consulta 27/11/2019].
- Eisenback, J. H., J. Sasser and A. Triantaphyllou. 1983. Guía para identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* sp), con una clave pictórica. Proyecto Internacional de *Meloidogyne*, Raleigh, Carolina Norte, USA 48 p.

- Fernández A., C. 1986. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. [en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281559/Frijol_guia_Web_.pdf. [fecha de consulta 26/11/2019].
- Fernández A., C. W. Nishida., Da Costa R. 2010. Influence of soaking on the nutrition quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or The soaking water: a review. International Journal Food Science and Technology 45:2209-2218.
- Fernández E., J. Mena, J. González and 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.
- Galves 1980. Requerimientos agroecológicos del frijol. [en línea]. http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Requerimientos%20Agroec%20de%20Cultivos%20da%20Edici%F3n.pdf. [fecha de consulta 26/12/2019].
- Giles F. 2014. Productores de hortalizas. Estrategias de agricultura de conservación. La edición Verde. México. 44 p.
- 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 18/11/2019].

- Guzmán, J. M. 2002. "Important nematodes pests". En: Bread wheat: Improvement and production (Curtis, B. C; Rajaram, S. y Gómez-Macpherson, H. Eds).
- Hidalgo D., A. 2008. Actividad nematocida sobre *Meloidogyne hapla* de extractos acuosos de especies arbóreas y arbustivas de la zona sur de Chile. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad austral de Chile. pp. 60-72.
- Infoaserca. 1997. La producción del frijol en México: diversidad y libre mercado. 5-10p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2010. Guía técnica para la producción artesanal de semillas de frijol. Estelí, Nicaragua. 26 p.
- Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). 2016. Manejo integrado de plagas. [en línea]https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Manejo_Integrado_de_Plagas_Part1.pdf. [fecha de consulta 29/10/2019].
- Jatala P. 1985. Nematodos parásitos de la papa. 2ed. Centro Internacional de la papa (CIP). Boletín de información técnica 8. Lima, Perú. 43 p.
- Jeger, M. J. J. L. Starr. and K. Wilson. 1993. Modeling winter survival dynamics of *Meloidogyne* spp. (Nematoda) eggs and juveniles with egg viability and population losses. *Journal of Applied Ecology* 30:496-503.

- Kabissa J. and W. D. Fronk. 1986. Bean foliage consumption by Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) and its effect on yield. J. Kansas Ent. Soc. 59(2): 275-279.
- Kaplan, L. T. (1965) Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). Econ. Bot. 19:358-368.
- Kaplan L., T. 1973. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). Agrociencia 1:99-104.
- Karanja, N. K. 1988. Selecting *Rhizobium phaseoli* strains for use with beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya. Ph.D Thesis, University of Reading, UK. 221pp.
- Lardizábal R., A. y R. Segura. 2013. Manual de producción de frijol. [en línea] file:///C:/Users/yuri/Downloads/Manual-Frijol-ACCESO(1).pdf. [fecha de consulta: 28/11/2019].
- López R., S. L., Azofeifa J. 1991. Observaciones sobre la morfología de *Meloidogyne incognita* con el microscopio electrónico de rastreo. Agronomía Costarricense 15:105-112.
- Martínez P., 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.

Mague, N.G. 1987 Chemical control of nematodes. Page 131-173. En: R.H.Brown y B.R. Kerry editores. Principles And Practice of Nematode Control in Crops. Academic Press. New York.

Maluf, W. R., S. M. Azevedo., L. A. A. Gómez, and A. C. Barneche. 2002. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. Online Journal GMR (Genetics and Molecular Research). 1(1):64-71 pp.

Matthews R. 1990. Legumes, Chemistry, Technology and Nutrition. USA: Marcel Dekker, 187-191.

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.

Mejía D., M. E. 2016. Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de variedades de chile Habanero *Capsicum Chinense* J., para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel. Tesis de Licenciatura UAAAN U-L. pp. 47-48.

Monfort P. 2014. Evaluación del ácido oxálico y el cultivo trampa para el control de *Meloidogyne incognita* en producción hortícola. Proyecto final del Máster en Protección Integrada de Cultivos Universidad de Lleida. 43 p.

Mosquera A., Murcia, N. y Varón de Agudelo, F. 1995. Susceptibilidad del guayabo a nematodos fitoparasitos. ASCOLFI INFORMA 20:71-75

Muñoz R. 1990. Características de los suelos y la fertilización del frijol en Colombia. Conferencia presentada en el Curso Nacional de Frijol. C.I. La Selva, Rionegro, *Antioquia* sp. pp. 64-71.

Navarrete M., R. y G. J. A. Acosta. 1999. Reacción de variedades de frijol común a *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* en el altiplano de México. *Agron. Mesoam.* 10 (1):37–46.

Navarro G., M. 2016. Manejo Integrado de Nematodos en Cultivos Hortícolas. FMC. Guadalajara, Jalisco, México. 186 p.

Nel, A. M. K. and N. Khelawanlall. 2007. A guide for the control of plant pests. 40th Edition. Department of Agriculture, Republic of South Africa. Pretoria: Government Printer. 275p.

Ngundo, B.W. and D. P. Taylor. 1974. Effect of *Meloidogyne* spp. on bean yields in Kenya. *Plant Disease Reporter* 58:1020-1023.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 1994. Requerimientos agroecológico del cultivo de frijol. [en línea] <http://sedeo.queretaro.gob.mx/sites/sedeo.queretaro.gob.mx/files/FRIJOL.pdf>. [fecha de consulta 26/12/2019].

Pereira, P. A. A., R.H. Burris. and F.A. Bliss. 1984. Determined the nitrogen fixation potential of genetically diverse bean lines (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Soil* 120: 171-179.

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

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

Powers, T.O. (1993). A polymerase chain reaction method for identification of five major *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*. pp.25: 1-6.

Ramírez R., N. y R. Ulloa. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos [en línea] <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>. [fecha de consulta 27/11/2019].

Rivera N., R. 2007. Análisis de la cadena de valor de frijol [en línea] https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/analisis_cadena_valor_frijol.pdf. [fecha de consulta 26/11/2019].

Rivas E., P. 2008. Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. pp. 21-32.

Rosas J., C. 2003. Recomendaciones para el manejo agronómico del cultivo del frijol. Programa de Investigación en Frijol, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. 33 p.

Rosas J., C. 2005. El cultivo de frijol común en América Tropical. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano. Honduras. pp. 36,38.

- Román J., A. 1984. Nematodos, Diagnóstico y Combate. Universidad de Puerto Rico. Servicio de Extensión Agrícola. Puerto Rico.p.36.
- 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.
- Sánchez-Valdez, I. Acosta-Gallegos, J. A., Ibarra-Pérez, F. J., Rosales-Serna, R. and Singh, S. P. 2004. Registration of Pinto Saltillo common bean. Crop Sci. 44:1865-1866.
- Secretaría de economía SE. 2017. Análisis de la cadena de valor del frijol. [en línea]."https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/analisis_cadena_valor_frijol.pdf. [fecha de consulta 22/12/2029].
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP. 2017. Análisis de la cadena de valor del frijol. [en línea].https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/analisis_cadena_valor_frijol.pdf. [fecha de consulta 23/12/2019].
- Starr, J. L. Cotton. K. R. Barker, G. A. Pederson and G. L. Windham. 1998. Plant and nematode interactions. Madison, Wi: Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc. pp. 359-379
- Taylor L., A. y Sasser N.J. 1978. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especie de *Melodoygine*). Proyecto Internacional de

- Meloidogyne. Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte-Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Raleigh, USA, 109. P
- 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. Tecnichal Bulletin 195: 1-13.
- Téllez-Guzmán V. 2003. Proyecto de fomento a la producción y la competitividad del frijol en el norte de Guanajuato Región Ocampo-San Felipe. Celaya, Guanajuato, 2, 506-513. pp. 506-513.
- Tobar J. 1992. Bioavailability of Starch in processed legumes. Importance of physical innaccessibility and retrogradation. Suecia: Tesis Doctoral. Universidad de Lund. 55 p.
- Ulloa A., J. y P. R. Ulloa. 2017. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): Su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente Año 3 No. 8Julio. [en línea] <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>. [fecha de consulta: 29 /11/2019].
- University of California Davis (UCD). 2008. Dry Beans Nematodes. UC Pest Management Guidelines. UC ANR Publication 3446.

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].

Velásquez-Valle, R. M. M. Medina-Aguilar., and R. Creamer. 2008. First report of Beet mild curly top virus infecting chile pepper in north central Mexico. *Plant Disease* 92:650.