

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Evaluación antagónica *in vitro* de *Trichoderma harzianum* sobre hongos fitopatógenos aislados de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Municipio de Torreón, Coahuila

**Por:
Hilda Robles Estrada**

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación antagónica *in vitro* de *Trichoderma harzianum* sobre hongos fitopatógenos aislados de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Municipio de Torreón, Coahuila

POR:

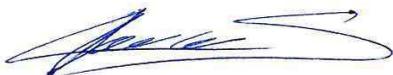
Hilda Robles Estrada

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por:



Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Presidente



Dr. Antonio Castillo Martínez
Vocal



M.C. Sergio Hernández Rodríguez
Vocal



M.C. Javier López Hernández
Vocal suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.
Noviembre 2023.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación antagonica *in vitro* de *Trichoderma harzianum* sobre hongos fitopatógenos aislados de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Municipio de Torreón, Coahuila

POR:

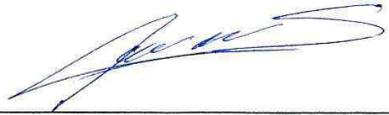
Hilda Robles Estrada

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el comité de asesoría:



Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Asesor principal



Dr. Antonio Castillo Martínez
Coasesor



M.C. Sergio Hernández Rodríguez
Coasesor



M.C. Javier López Hernández
Coasesor



Dr. J. Isabel Marquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México.
Noviembre 2023

DEDICATORIA

A mis padres

Melquiades Robles Anastacio y María Estrada González, por la confianza y el apoyo incondicional, tanto económico como emocional que me brindaron durante el transcurso de mi carrera. Además, por ser un gran ejemplo a seguir, muchos de mis logros se los debo a mis queridos padres y este es uno de ellos.

A mis hermanos

Apolinar Robles Estrada y Rosario Robles Estrada por su apoyo incondicional, consejos y motivación a lo largo de mi carrera.

A mis amigos.

Joel Eloy Castro Xochitla, Diego Apolinar Martínez, Rodrigo Cedillo Osornio y Lizeth Tenorio González por todos los momentos que pasamos juntos durante nuestra etapa universitaria, por su cariño, consejos, apoyo y confianza, muchas gracias por todo.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme llegar hasta este momento de la vida y gracias por los regalos de la vida.

A mi Alma Mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme abierto las puertas y formarme durante mis años de estudio, además de haber podido establecer contacto con grandes profesores y académicos de la institución.

Al **Departamento de Parasitología** por apoyar a las diferentes generaciones de estudiantes que cubren la carrera de ingeniero agrónomo parasitólogo.

A mis asesores de tesis:

Al **Dr. José Abraham Obrador Sánchez**, gracias por permitirme trabajar en este proyecto e impartirme su conocimiento, también por ayudarme con los nuevos aprendizajes que genere gracias a sus enseñanzas; además agradecer por su sincera amistad, confianza y consejos.

Al **M.C. Sergio Hernández Rodríguez**, gracias por formar parte del comité durante la realización del examen profesional, así como sus consejos.

Al **Dr. Antonio Castillo Martínez**, por estar presente durante el proceso de la tesis, así como ser parte del jurado durante el examen profesional. También por su confianza, consejos y su sincera amistad.

Al **M.C. Javier López Hernández**, gracias por formar parte del jurado durante el examen profesional, por su confianza, consejos, enseñanzas durante las clases, además de su sincera amistad.

Al **Dr. Vicente Hernandez Hernandez**, gracias por los conocimientos dados y adquiridos durante las clases, gracias a eso comencé un gusto por la Fitopatología.

Al **Dr. Claudio Ibarra Rubio**, por su apoyo, consejos y orientación durante toda la carrera, y por estar disponible para aclararme dudas, gracias por ser mi tutor.

A la **Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores**, gracias por el tiempo y las enseñanzas compartidas durante las prácticas y clases, además de su sincera amistad y consejos dados.

A la **Ing. Gabriela Muñoz Dávila**, por formar parte de la realización de la tesis y además por brindar su servicio durante mi etapa de estudiante, también por su amistad y buen trato.

Al **Ing. Didier Aguilera Ordaz**, por su apoyo, conocimiento y compañerismo en el laboratorio y por ser un buen amigo incondicional.

A todos mis profesores de carrera que me formaron y compartieron sus conocimientos en cada clase.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 HIPOTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Importancia del frijol	3
2.1.1 Importancia del frijol a nivel mundial	3
2.1.2 Importancia del frijol a nivel nacional	4
2.2 Estructura y morfología de <i>Phaseolus vulgaris</i>	5
2.2.1 Raíz.....	5
2.2.2 Tallo.....	7
2.2.3 Hoja.....	10
2.2.4 Inflorescencia	11
2.2.5. Flor.....	12
2.2.6 Fruto.....	12
2.2.7 Semilla	13
2.3. Principales plagas del frijol	14
2.3.1 Plagas del suelo.....	14

2.3.1.1 Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp)	14
2.2.2. Plagas que atacan el follaje	15
2.2.2.1. Trozadores (<i>Feltia</i> sp. <i>Peridroma</i> sp., <i>Agrotis</i> sp., <i>Ipsilon</i> sp.).....	15
2.2.2.2 Chicharrita del frijol (<i>Empoasca</i> spp.)	16
2.2.2.3 Mosquita blanca, (<i>Bemisia tabaci</i> y <i>B. argentifolii</i>).....	17
2.2.2.4 Crysomelidos (<i>Diabrotica balteata</i> , <i>D. variegata</i> , <i>Ceratoma dilatipes</i> , <i>Acalymma vittata</i> y <i>Lema</i> sp).....	18
2.2.2.5 Minador de la hoja de frijol (<i>Liriomyza</i> spp.)	19
2.2.2.6 Thrips (<i>Caliothrips phaseoli</i>)	22
2.2.2.7 Picudo del ejote (<i>Apion godmani</i>)	22
2.2.2.9 Chinche apestosa y conchuela verde (<i>Euschistus servus</i> ; <i>Nezara</i> <i>viridula</i>)	24
2.2.2.10 Ácaro blanco <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Tarsonemidae). 25	
2.3 Enfermedades del frijol.....	26
2.3.1 Enfermedades de la raíz en frijol.....	26
2.3.2 Enfermedades de la raíz del frijol causadas por <i>Fusarium</i>	27
2.3.2.1 Amarillamiento o marchitamiento por <i>Fusarium</i>	27
2.3.2.2 Pudrición seca de la raíz	28
2.3.2 Enfermedades provocadas por <i>Phytophthora</i>	29
2.4 <i>Trichoderma</i> spp.....	30
2.4.1 <i>Trichoderma harzianum</i>	31
III. MATERIALES Y METODOS	32
3.1 Colecta de plantas enfermas	32
3.2 Análisis de las plantas enfermas	34
3.3 Preparación de medios de cultivo	35
3.4 Aislamiento del hongo	35

3.5 Examinación del cuerpo del hongo	36
3.6 Resiembra de cepas	37
3.7 Evaluación de crecimiento de micelio	38
3.8 Observación de hongos en el microscopio	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Crecimiento del micelio	43
4.2 Evaluación del antagonismo de la cepa de <i>Trichoderma harzianum</i>	45
4.3 <i>Fusarium</i> sp vs <i>T. harzianum</i>	46
4.4 <i>Phytophthora</i> vs <i>T. harzianum</i>	47
V. CONCLUSIÓN.....	49
VI. LITERATURA CITADA.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diversidad de frijol (SNICS, 2016).....	3
Figura 2. Sistema radical inicial (Arias <i>et al.</i> , 2007).....	6
Figura 3. Raíz de una planta joven con nódulos en raíces secundarias (Orduño y Troyo, 2003)	7
Figura 4. Tipos de crecimiento del frijol (Muñoz <i>et al.</i> , 1993)	9
Figura 5. Hojas simples y compuestas del frijol (Arias <i>et al.</i> , 2007)	10
Figura 6. Patrón de desarrollo del racimo floral en frijol (CIAT, 1984)	11
Figura 7. Fruto de la planta (CIAT, 1984).....	13
Figura 8. Composición interna de la semilla (CIAT, 1984).....	14
Figura 9. Larva de gallina ciega (Avila <i>et al.</i> , 2014-9)	15
Figura 10. Larva actuando como trozador (De Oro, 2021).....	16
Figura 11. Chicharrita de frijol (<i>Empoasca fabae</i>) (Avila <i>et al.</i> , 2014-9).....	17
Figura 12. Adultos de mosca blanca en hoja de frijol (De Oro <i>et al.</i> , 2021).....	18
Figura 13. Adulto de <i>Diabrotica balteata</i> (Avila <i>et al.</i> , 2014-9).....	19
Figura 14. Adulto de <i>Liriomyza huidobrensis</i> (Shepard <i>et al.</i> , 2008)	21
Figura 15. Adulto de <i>Liriomyza sativae</i> (Eiseman, 2019)	21
Figura 16. Adulto de <i>Liriomyza trifolii</i> (Central Science Laboratory, Harpenden, 2008).....	21
Figura 17. Thrips (<i>Frankiniella occidentalis</i>) (Avila <i>et al.</i> , 2014-9).....	22
Figura 18. Adulto de picudo de la vaina del frijol (<i>Apion godmani</i>) (Avila <i>et al.</i> , 2014-9).....	23
Figura 19. Adulto de <i>Epilachna varivestis</i> (Cranshaw, 2006)	24
Figura 20. Adulto de ácaro blanco (<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Tarsonemidae) (Avila <i>et al.</i> , 2014-9)	25
Figura 21. Amarillamiento o marchitamiento de la planta de frijol por <i>Fusarium</i> (Arias <i>et al.</i> , 2007)	28
Figura 22. Pudrición radical de frijol por <i>Fusarium</i> (Arias <i>et al.</i> , 2007).....	29
Figura 23. Micoparasitismo de <i>Hypocrea/Trichoderma</i> spp. dentro de la comunidad del suelo (Druzhinina <i>et al.</i> , 2011).....	31

Figura 24. Ubicación geográfica del Municipio de Torreón, Coahuila (Google maps, 2023)	32
Figura 25. Plantas de frijol con diferente sintomatología	33
Figura 26. Planta de frijol enferma	33
Figura 27. Muestras de frijol en cámaras húmedas.....	34
Figura 28. Preparación de medios de cultivo PDA	35
Figura 29. Barrera de desinfección del área de trabajo.....	36
Figura 30. Confrontación de cepas de <i>T. harzianum</i> vs hongo fitopatógeno.....	37
Figura 31. Representación de antagonismo de Hongo fitopatógeno vs <i>T. harzianum</i>	38
Figura 32. Observación de microscopías	39
Figura 33. Observación macroscópica de <i>Fusarium</i> spp., cepa 1 (izquierda); cepa 2 (centro); cepa 3 (derecha).....	40
Figura 34. Observación macroscópica de <i>Phytophthora</i> sp.	40
Figura 35. Macroconidios de <i>Fusarium</i> spp. (observados a 40x).....	41
Figura 36. Microconidios de <i>Fusarium</i> spp. (observado a 40x).....	41
Figura 37. Enrollamientos característicos de <i>Fusarium</i> spp. (observados a 40x)	41
Figura 38. Estructuras globulares y no globulares de <i>Phytophthora</i> sp. (observado a 40x)	42
Figura 39. Estructuras en forma de ángulo recto, característico de <i>Rhizoctonia</i> sp. (observado a 40x)	42
Figura 40. Esporas de <i>T. harzianum</i> (observado a 40x).....	43
Figura 41. Micelio de <i>T. harzianum</i> (observado a 40x).....	43
Figura 42. Crecimiento del micelio de las cepas puestas en confrontación	44
Figura 43. Desarrollo del micelio de cepas individuales en forma circular	44
Figura 44. Crecimiento del micelio (izquierda) y círculos de crecimiento (derecha) de <i>T. harzianum</i> en cajas Petri	44
Figura 45. Confrontación <i>T. harzianum</i> vs <i>Fusarium</i> spp	45
Figura 46. Confrontación <i>Phytophthora</i> sp. vs <i>T. harzianun</i> en cajas petri.....	45
Figura 47. Estructura "fantasma" de hifa de <i>Fusarium</i> spp. debido a la actividad de <i>T. harzianum</i>	46

Figura 48. Destrucción de hifa de *Phytophthora* sp. por *T. harzianum*..... 47

ÍNDICE DE TABLAS

Gráfico 1. Producción de frijol 2022 (SIAP, 2022)	5
---	---

RESUMEN

El frijol es una leguminosa importante en la dieta de los mexicanos y es la base de la alimentación en varios estados de la República y forma parte de la cultura desde tiempos prehispánicos. El rendimiento de la planta puede verse afectado por enfermedades de la raíz que pueden provocar daños severos en el cultivo y la producción. Las enfermedades ocasionadas por hongos del género *Fusarium* y *Phytophthora* pueden afectar a la planta del frijol. El estudio se realizó en el laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna; se analizaron 5 plantas de frijol que presentaron enfermedades de la raíz, las cepas del hongo se aislaron en medios de cultivo de agar PDA para observar las estructuras e identificar los hongos causantes de las enfermedades de la raíz. Como control biológico se evaluó el hongo *Trichoderma harzianum* para observar la acción antagónica hacia el hongo patógeno. Con las pruebas realizadas se comprobó que *T. harzianum* es efectivo como agente de biocontrol ya que si presentó acción antagónica hacia los hongos fitopatógenos.

Palabras clave: Frijol, Hongos patógenos, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Trichoderma harzianum*

I. INTRODUCCIÓN

En México, el grano de frijol es básico para la alimentación, forma parte importante de la dieta de los mexicanos debido a su alto contenido de proteínas, elementos minerales y carbohidratos esenciales para el ser humano (Xu y Chang, 2007; Lomas-Soria *et al.*, 2015).

En muchas regiones de México, el cultivo de frijol representa una de las principales actividades de la economía y empleo para los campesinos, además es importante en la dieta de los mexicanos. Dentro de la gastronomía el frijol tiene amplia variación de platillos que se pueden producir con esta leguminosa (Garibay *et al.*, 2018).

Las enfermedades presentan una disminución en el rendimiento y la producción del frijol, pueden ser causadas por hongos, bacterias, virus y nemátodos. En México la antracnosis, roya, mancha angular, pudriciones de raíz y marchitez, moho blanco, son ocasionadas por hongos. Las enfermedades virales como el Virus del mosaico común (BCMV), Virus del mosaico dorado (BGMV), el virus del mosaico necrótico (BCMNV); y los síntomas producidos por bacterias como el Tizón común y el Tizón del halo, afectan significativamente los rendimientos en frijol (Campos, 1991; Díaz *et al.*, 1991; López, 1991; Jacobo *et al.*, 1992; Becerra y López, 1994; Navarrete y Acosta, 1996; Navarrete *et al.*, 2008; Anaya *et al.*, 2015; Anaya *et al.*, 2020).

En el presente trabajo se realizó el estudio de los hongos fitopatógenos que provocan enfermedades en la raíz de la planta de frijol, la observación e identificación fueron efectuadas en el laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se identificaron dos hongos fitopatógenos de los géneros *Fusarium* y *Phytophthora*, en los cuales se evaluó la efectividad antagónica utilizando el hongo *Trichoderma harzianum* como control biológico.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum in vitro* sobre las cepas de hongos fitopatógenos asociados a enfermedades radiculares en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el municipio de Torreón, Coahuila.

1.2 HIPOTESIS

Trichoderma harzianum tiene un efecto antagonista sobre las cepas de hongos fitopatógenos en ensayos *in vitro*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del frijol

El frijol es una de las principales leguminosas que se producen en el mundo, se considera que es una de las primeras plantas que fueron domesticadas al igual que el maíz, sobre las cuales se basó la alimentación de los primeros asentamientos de Mesoamérica y Sudamérica (Avila *et al.*, 2014-9).

De acuerdo con Fernández-Valenciano y Sánchez-Chavéz (2017), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es parte importante del consumo humano, debido a que contiene proteínas, calorías, vitaminas del complejo B y minerales (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2002; Suárez-Martínez *et al.*, 2016).

El frijol es cultivado principalmente por pequeños agricultores, se produce en lugares con condiciones diversas, desde el nivel del mar hasta más de 3000 metros de altura (Figura 1) (FAO, 2018).



Figura 1. Diversidad de frijol (SNICS, 2016)

2.1.1 Importancia del frijol a nivel mundial

El frijol forma parte de los alimentos básicos en la dieta de la mayoría de los países en desarrollo, el cultivo de esta leguminosa se realiza en 120 países de los cinco continentes (FIRA, 2016).

En el ciclo 2021, los países con mayor superficie destinada al cultivo del frijol fueron: India, Brasil, Myanmar, Tanzania, Kenia, México, Mozambique, Burundi y

Angola. Juntando las superficies se obtiene un total de 26.15 millones de hectáreas sembradas de los 35.920 millones de hectáreas que se sembraron en el ciclo 2021 correspondiendo al 73% de la superficie total (FAO, 2022).

2.1.2 Importancia del frijol a nivel nacional

A través de la historia, el cultivo de frijol se ha asociado con el desarrollo de las culturas prehispánicas, en la actualidad es un cultivo tradicional en varias regiones, también es un factor importante en la alimentación y en la cultura gastronómica del país (Lara, 2015).

En México, el frijol representa una tradición productiva y de consumo, ya que cumple diversas funciones de aspecto alimenticio, socioeconómico y cultural. Desde tiempos prehispánicos el frijol ha formado parte importante de la dieta de los mexicanos, la cultura gastronómica y la economía. Por ello ocupa el segundo lugar en importancia nacional después del maíz (Secretaría de Economía, 2012).

El frijol se encuentra en todas las regiones agrícolas del país, su demanda de consumo permite clasificarlos en diversas clases de acuerdo a su color en: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. Las variedades de frijol mayor consumidas son: Azufrado, Mayocoba, Negro, Jamapa, Peruano, Flor de Mayo y Flor de Junio (SADER, 2020).

En la mayoría de los estados de la República mexicana se siembra frijol, sin embargo, durante el ciclo agrícola 2021-2022 los estados con mayor superficie de siembra con este cultivo fueron: Zacatecas, Durango, Chiapas, Sinaloa y Chihuahua. Durante el año de 2022 la producción obtenida fue de 9,744,753.99 kg/ha como se muestra en el gráfico 1 (SIAP, 2022).

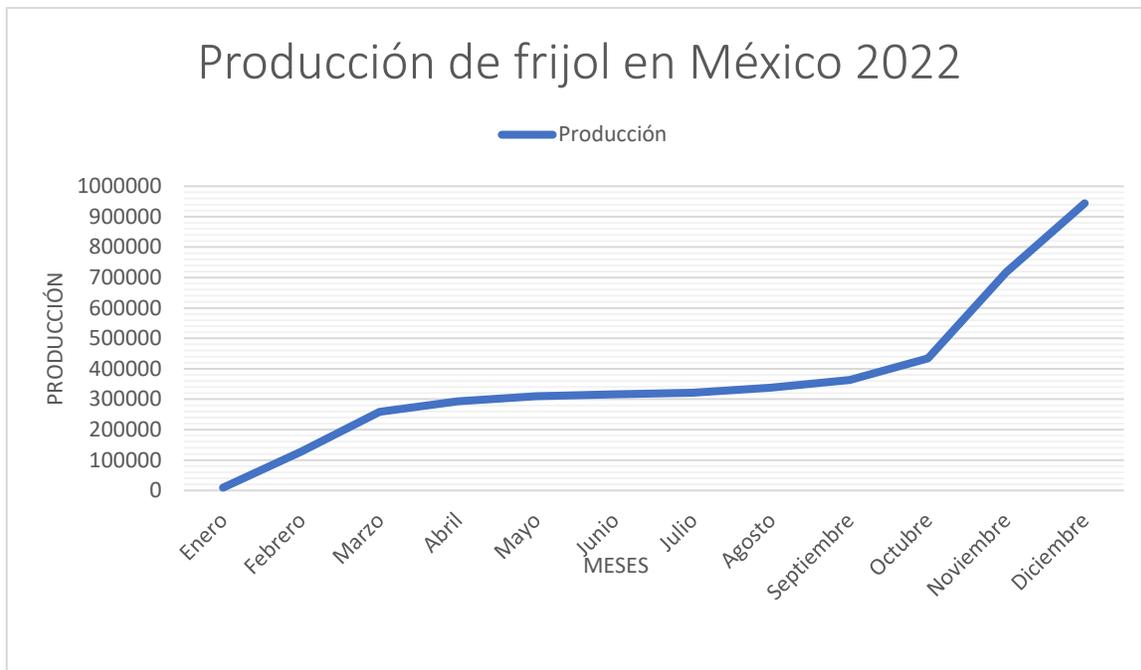


Gráfico 1. Producción de frijol 2022 (SIAP, 2022)

2.2 Estructura y morfología de *Phaseolus vulgaris*

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) se originó en México y se puede encontrar en diferentes ambientes debido a su adaptación (Singh, Gepts y Debouck, 1991).

A través de la domesticación, la planta que actualmente se cultiva es anual, herbácea de hábitos arbustivos, con frecuencia se asocia con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), el ciclo biológico del cultivo puede variar de 85 a 270 días, dependiendo del hábito de crecimiento y época de siembra (Gepts y Debouck, 1991).

2.2.1 Raíz

La raíz inicia su crecimiento al momento de la germinación, en la primera etapa de desarrollo, el sistema radical se forma solo por la radícula del embrión que posteriormente será la raíz principal. A los pocos días que la radícula emerge, empezarán a desarrollarse en la parte superior de la raíz las raíces secundarias,

formando un sistema con una raíz principal y varias raíces secundarias; las cuales crecerán de forma horizontal como vertical, sobre ellas aparecen las raíces terciarias y los pelos absorbentes, que absorben agua y minerales (Figura 2) (Arias *et al.*, 2007).

La estructura de la raíz es muy importante, una raíz profunda con pelos radiculares largos le permitirá a la planta explorar un mayor volumen de suelo y en capas más profundas ayudando en la toma de agua y nutrientes (Magalhaes *et al.*, 2015).

Aunque se encuentre presente una raíz primaria, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, en otros casos fibroso, el tipo de sistema radicular puede variar incluso dentro de la misma especie (Arias *et al.*, 2007).

El aspecto y tamaño que tenga el sistema radicular dependerá de las características del suelo como: la textura, estructura, porosidad, temperatura, contenido de nutrientes y capacidad de retener humedad (Orduño y Troyo, 2003).

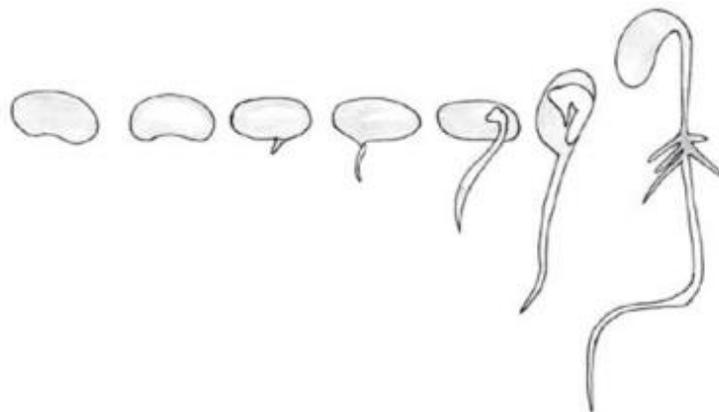


Figura 2. Sistema radical inicial (Arias *et al.*, 2007)

Las leguminosas tienen la capacidad de realizar el proceso de fijación biológica del nitrógeno mediante la asociación con bacterias del suelo conocidas como rizobios, estableciendo una interacción simbiótica *Rhizobium*-leguminosas (Weidner *et al.*, 2003; y Weir, 2006).

La planta de frijol desarrolla nódulos en las raíces a los pocos días de haber emergido, se encuentran principalmente en la parte superior y media del sistema

radical (Figura 3). Los nódulos se originan de forma natural por la inoculación de las raíces por bacterias del género *Rhizobium* (Orduño y Troyo, 2003); dentro de los nódulos las bacterias reducen el nitrógeno atmosférico a iones amonio, que es la forma en que las plantas asimilan el elemento (Marquina *et al.*, 2011).



Figura 3. Raíz de una planta joven con nódulos en raíces secundarias (Orduño y Troyo, 2003)

2.2.2 Tallo

El tallo presenta diferentes hábitos de crecimiento, en base a ellos se puede clasificar en determinado e indeterminado; el crecimiento determinado se presenta cuando la porción apical termina en una inflorescencia, y el crecimiento indeterminado se presenta cuando la porción apical se mantiene en forma vegetativa. El tallo puede ser erecto, semierecto, semirastrero, rastrero y trepador, según el hábito de la variedad (Avila *et al.*, 2014-9).

La planta se clasifica de acuerdo al tipo de crecimiento que presente, clasificándose en los siguientes grupos (Figura 4):

Tipo I: Hábito de crecimiento determinado arbustivo.

Tipo II: Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo.

Tipo III: Hábito de crecimiento indeterminado postrado.

Tipo IV: Hábito de crecimiento indeterminado trepador.

Tipo I

Este tipo de planta presenta pocos nudos de 5 a 10 frecuentemente cortos, son de tallo erecto y fuerte, el tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada, la etapa de floración es corta, la semilla es de tamaño grande, maduración uniforme de vainas, la planta puede medir de 30 a 50 cm de altura, de vainas largas y suaves a la cocción (Avila *et al.*, 2014-9).

Tipo II

Planta con tallo erecto, sin capacidad para trepar, el tallo principal termina en una guía corta, las ramas no presentan guías; ramas cortas con mayor número de nudos en comparación con las de Tipo I; las vainas y semillas tienden a ser pequeñas. La planta continua su crecimiento, a un ritmo menor durante la etapa de floración (Arias *et al.*, 2007). El ciclo biológico de las plantas es intermedio a tardío (Avila *et al.*, 2014-2019).

Tipo III

Las plantas con este tipo de hábito presentan una subdivisión que clasifica a los tipos de frijol con hábitos de crecimiento completamente postrado, estos son de tipo IIIa Indeterminado postado y IIIb Indeterminado semitrepador. Este tipo de plantas presenta un número mayor de ramas y nudos en comparación a los tipos I y II; las ramas y tallos terminan en guías, pueden ser trepadoras, con alto potencial de rendimiento, altura mayor a 80 cm; el grano presenta variación en cuanto al tamaño y color; con ciclo vegetativo de intermedio a tardío (Avila *et al.*, 2014-9).

Algunas plantas pueden ser postradas a partir de las primeras etapas de la fase vegetativa, otras son arbustivas hasta la prefloración y después son postradas (Arias *et al.*, 2007).

Tipo IV

Las plantas que presentan este hábito son de ciclo tardío, el tallo puede tener de 20 a 30 nudos. A partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla una doble capacidad de torsión a esto se debe su habilidad de trepar. La etapa de floración es más larga en comparación con plantas de otros hábitos, de forma que al mismo tiempo se presentara en la misma planta la floración, formación y llenado de vainas, y maduración (Arias *et al.*, 2007).

Este hábito se encuentra subdividido en dos tipos dependiendo de la floración, se denomina tipo IVa cuando la floración se presenta desde la base a la porción terminal, en donde las vainas se van a encontrar distribuidas a lo largo de la planta; el tipo IVb es en donde la floración se concentra en la parte superior, por lo tanto, las vainas se van a concentrar en la parte superior de la planta (CIAT, 1984).

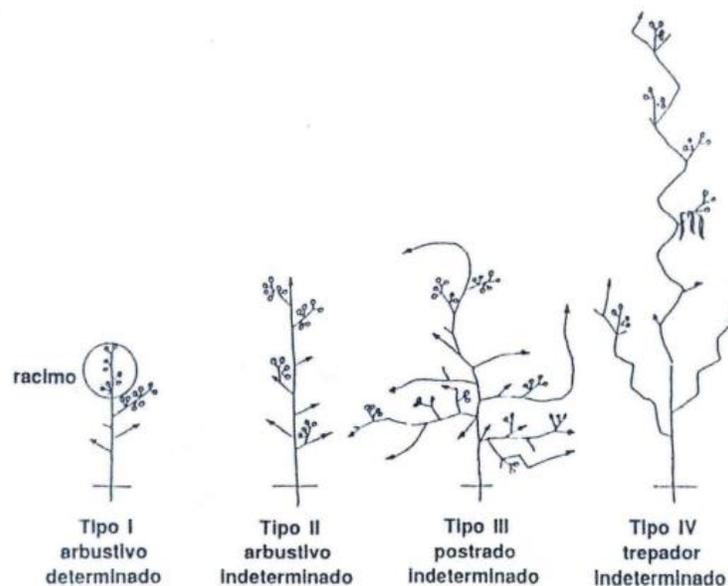


Figura 4. Tipos de crecimiento del frijol (Muñoz *et al.*, 1993)

2.2.3 Hoja

En la planta se pueden encontrar hojas de dos tipos: simples y trifoliadas, que se encuentran insertadas en el tallo y las ramas (Figura 5). Con la emergencia de la plántula los cotiledones se tornan de color verde y se les conoce como hojas cotiledonales, siendo el primer nudo; posteriormente en el segundo nudo aparecen las primeras hojas verdaderas, son hojas simples y se conocen como hojas unifoliadas (Avila *et al.*, 2014-9).

En los nudos siguientes las hojas trifoliadas se encuentran insertadas de manera alterna, se forman junto con las ramas y el tallo; este tipo de hojas tiene tres folíolos asimétricos que terminan en punta (dos laterales y uno central), pueden ser glabros o semiglabros, presentan peciolo largo y raquis; en la inserción de este tipo de hojas se encuentra un par de estípulas de forma triangular. (Arias *et al.*, 2007).

Los folíolos pueden variar en tamaño y forma, frecuentemente tienen forma triangular, lanceolada, oblonga y con menos frecuencia redondeado (Avila *et al.*, 2014-9).

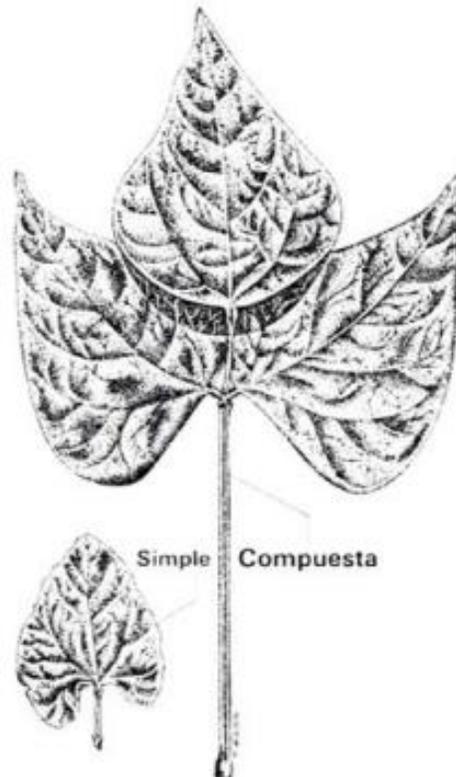


Figura 5. Hojas simples y compuestas del frijol (Arias *et al.*, 2007)

2.2.4 Inflorescencia

La inflorescencia puede ser axilar o terminal, botánicamente se considera como racimo de racimos; es un racimo principal que se encuentra compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas que se encuentra en las axilas, formadas por las brácteas primarias y el raquis. En una inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y raquis, las brácteas primarias y los botones florales (Figura 6) (CIAT, 1984).

En su estado inicial, el racimo se distingue por la forma cilíndrica o esférica del conjunto y se cubre principalmente por dos brácteas primarias foliares de forma triangular (CIAT, 1985).

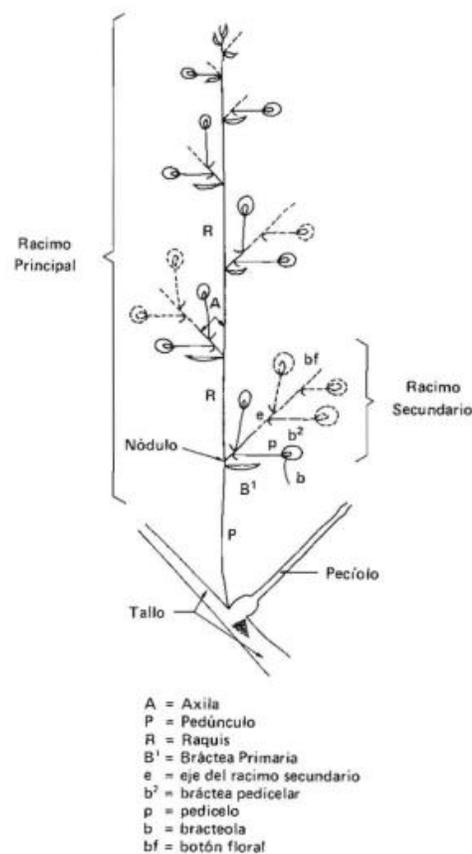


Figura 6. Patrón de desarrollo del racimo floral en frijol (CIAT, 1984)

2.2.5. Flor

La flor presenta simetría bilateral, presenta un pedicelo glabro o subglabro. el desarrollo de la flor se divide en dos estados, los cuales son: el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, inicialmente se encuentra envuelto por las bractéolas, finalmente la corola cerrada sobresale y las bractéolas cubren solamente el cáliz (CIAT 1984).

La flor abierta presenta características como: un peciolo y una bráctea pequeña en la base, corola pentámera y de forma papilionácea con dos pétalos en la base; en la corola se encuentra el pétalo más sobresaliente que puede ser de color blanco, rosado, verdeo o púrpura y dos alas que pueden ser de color blanco, púrpura o rosado; la estructura de la flor favorece la autopolinización (CIAT 1984).

2.2.6 Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, es característico de las leguminosas y puede ser dehiscente, semidehiscente o indehiscente. Las vainas pueden ser glabras o subglabras, a veces con la epidermis cerosa; en la unión de las valvas se presentan dos suturas, la dorsal o placentar y la ventral. Los óvulos que posteriormente serán las semillas se encuentran de forma alterna a la sutura placentar (Figura 7) (Avila *et al.*, 2014-9).

Las vainas son de color verde durante casi todo su desarrollo, cuando están cerca de la madurez fisiológica cambian a una coloración verde amarillenta que posteriormente cambiara a amarillo, el color puede variar de acuerdo con la variedad, presentan forma plana o cilíndrica, recta o ligeramente encorvada (CIAT 1984).

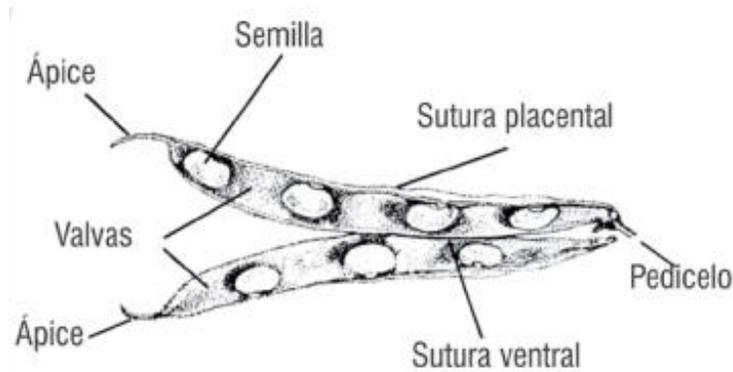


Figura 7. Fruto de la planta (CIAT, 1984)

2.2.7 Semilla

La semilla de frijol tiene una amplia variabilidad en cuanto a color, forma, tamaño y brillo; así pueden presentar formas cilíndricas, en forma de riñón, alargadas, oblongas, etc., en cuanto al color se pueden encontrar en blanco, rojo, crema, negro, café, amarillo, rojo purpura, rosas y pueden presentar o no estrías (Avila *et al.*, 2014-9).

La variabilidad de los caracteres externos de la semilla, se toman en cuenta para la clasificación de variedades y clases comerciales de frijol (CIAT 1984).

La semilla al no presentar albumen, se constituye en mayor parte por los cotiledones, en donde se van a acumular las reservas nutritivas para el desarrollo de la plántula. Las partes más importantes de la semilla son: la testa, el hilum, que conecta a la semilla con la placenta; el micrópilo, por donde se realiza la absorción de agua y la rafe (CIAT 1984).

De forma interna, la semilla está formada solo por el embrión, el cual se forma de la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los cotiledones y la radícula (Figura 8) (CIAT 1984).

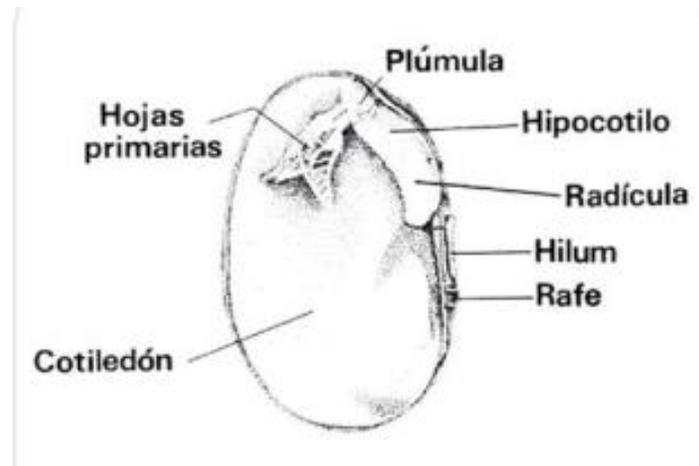


Figura 8. Composición interna de la semilla (CIAT, 1984)

2.3. Principales plagas del frijol

2.3.1 Plagas del suelo

2.3.1.1 Gallina ciega (*Phyllophaga* spp)

Varias especies de gallina ciega pueden afectar al frijol, las más comunes son *Phyllophaga* spp. y *Cyclocephala* spp. (Guzmán-Vásquez *et al.*, 2017; Serrano y Morón, 2017).

Durante la fase larval atacan las raíces y pueden provocar la muerte de la planta (Arias *et al.*, 2007). Durante los primeros estados de desarrollo de la planta las larvas provocan alteraciones debido a que se alimentan de las raíces, también se pueden presentar daños en los tallos y raíces secundarias provocando estrés en la planta (Tamayo y Londoño, 2001).

Las larvas son de tipo escarabeiforme, en forma de C, cuerpo robusto de color crema o amarillo cremoso, poseen tres pares de patas torácicas muy desarrolladas, el extremo del abdomen es de color oscuro y la cabeza de color marrón (Figura 9). Durante el tercer instar la larva presenta mayor longevidad y voracidad aumentando su peso de seis a ocho veces y provocando daños mayores en el sistema radicular de la planta; los ataques de la gallina ciega provocan marchitez, muerte de plantas pequeñas y reducción de vigor en plantas más desarrolladas (Polanco, 2008).

Los ataques de la plaga son localizados, por lo que se pueden observar las zonas con plantas afectadas, debido a la marchitez que estas presentan. Las poblaciones con 5 a 6 larvas por metro cuadrado pueden provocar la reducción de la producción del cultivo (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 9. Larva de gallina ciega (Avila *et al.*, 2014-9)

2.2.2. Plagas que atacan el follaje

2.2.2.1. Trozadores (*Feltia* sp. *Peridroma* sp., *Agrotis* sp., *Ipsilon* sp.)

El daño es producido debido a la alimentación de larvas ya que se van a alimentar de los pequeños tallos de la planta, también puede alimentarse de hojas y vainas (Alves de Paiva *et al.*, 2018).

Las larvas pequeñas provocan raspaduras en el tallo de la planta, de esta manera ocasionan un retraso en el desarrollo de la planta; las larvas más desarrolladas cortan los tallos al nivel del suelo, después de algunos días la planta se marchita y muere (Ilica, 2010).

Las larvas presentan coloraciones oscuras de apariencia grasienta, se pueden encontrar enrolladas y enterradas cerca de la base de las plántulas (Ávila *et al.*, 2014-9); los ataques de la plaga se localizan en pequeños focos (Arias *et al.*, 2007).



Figura 10. Larva actuando como trozador (De Oro, 2021)

2.2.2.2 Chicharrita del frijol (*Empoasca spp.*)

También conocido como lorito verde o salta hojas, se trata de una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de frijol ya que puede afectar la producción de ejote (Arias *et al.*, 2007).

Los adultos miden 3 mm de longitud aproximadamente, tienen el cuerpo alargado de color verde claro (Figura 11), colocan sus huevecillos en el envés de la hoja insertados a lo largo de las nervaduras, presentan forma alargada y miden aproximadamente 1 mm de longitud y eclosionan a los pocos días; las ninfas presentan cinco instares, la coloración del cuerpo es blanco sucio y al igual que los adultos se alimentan de la savia de la planta (Arias *et al.*, 2014-9).

El daño es causado por ninfas y adultos al momento de alimentarse del tejido, debido a que la saliva que inyectan es fitotóxica provocando alteraciones en el desarrollo de la planta como enrollamiento y deformación de hojas con los bordes amarillos, clorosis foliar, deformación de las vainas, achaparramiento de la planta y disminución del rendimiento o pérdida del cultivo (Arias *et al.*, 2013).

Las ninfas y los adultos se van a encontrar en el envés de las hojas, el cultivo es más sensible al ataque de la plaga durante la floración; el control se puede realizar cuando se encuentre de dos a tres ninfas por hoja (Tamayo y Londoño, 2001).

La plaga puede estar presente durante todo el ciclo del cultivo, pero las poblaciones tienden a incrementar cuando aparecen las hojas trifoliadas (Miranda *et al.*, 2016).

En infestaciones fuertes los síntomas en las plantas son visibles, los adultos se van a encontrar en diferentes partes de la planta y las ninfas en el envés de las hojas, en las partes bajas y medias de la planta (Avila *et al.*, 2014-9).



Figura 11. Chicharrita de frijol (*Empoasca fabae*) (Avila *et al.*, 2014-9)

2.2.2.3 Mosquita blanca, (*Bemisia tabaci* y *B. argentifolii*)

La mosquita blanca afecta al cultivo de frijol, la importancia de esta plaga se debe a su capacidad de transmitir virus al momento de alimentarse, como el virus del mosaico dorado (*Bean golden mosaic Virus*, BGMV) y el mosaico dorado amarillo del frijol (*Bean golden yellow mosaic virus*, BGYMV), las infecciones fuertes pueden ocasionar la pérdida total del cultivo (Ortiz *et al.*, 2010).

Los daños en la planta pueden presentarse de forma directa e indirecta; de manera directa cuando se alimenta de la planta, succiona la savia provocando el debilitamiento e irregularidades en el desarrollo de la planta como, albinismo en los tejidos jóvenes y vainas (McAuslane *et al.*, 2004).

De manera indirecta el daño se produce debido a las excreciones de melaza que favorecen la aparición de fumagina sobre la superficie de la planta, además de la transmisión de virus (Cuéllar y Morales, 2006; Gamarra *et al.*, 2016).

El daño en el cultivo se determina por la magnitud de la infestación, la especie, biotipo, época del año, y variedad de la planta (Byrne *et al.*, 1990; Oliveira *et al.*, 2001).

El adulto presenta un tamaño aproximado de 1 mm, de coloración amarillo limón y se encuentran en el envés de las hojas; las ninfas se encuentran principalmente en la parte inferior de la planta, mientras que los adultos se van a encontrar en la parte superior debido a que se alimentan de las hojas tiernas (Figura 12) (Cardona *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2019).



Figura 12, Adultos de mosca blanca en hoja de frijol (De Oro *et al.*, 2021)

2.2.2.4 Crisomelidos (*Diabrotica balteata*, *D. variegata*, *Ceratoma dilatipes*, *Acalymma vittata* y *Lema* sp).

Son muchas las especies de crisomélidos que atacan el cultivo de frijol, se pueden encontrar tanto en las siembras de primavera como en las de verano; los adultos son pequeños escarabajos de diversas coloraciones (figura 13), dañan a la planta al alimentarse del follaje realizando perforaciones de forma circular en las hojas reduciendo la superficie fotosintética de la planta (Vanegas, 2017).

Los adultos se alimentan de las hojas, en infestaciones fuertes también ataca flores y vainas tiernas, mientras que las larvas se alimentan de las raíces de la planta (Ilica, 2010); de forma indirecta provoca daños a la planta debido a la

transmisión de virus como el Virus del mosaico sureño y el Virus del mosaico rugoso (CIAT, 1980).

Esta plaga puede ocasionar daños graves en cualquier etapa del cultivo, cuando el daño ocurre en estado de plántula puede causar una disminución en el rendimiento (Arias *et al.*, 2007, 2013).



Figura 13. Adulto de *Diabrotica balteata* (Avila *et al.*, 2014-9)

2.2.2.5 Minador de la hoja de frijol (*Liriomyza* spp.)

El minador (*Liriomyza* spp.) es una plaga polífaga, en el cultivo del frijol es común encontrarlo durante la etapa vegetativa de la planta, aunque puede estar presente durante todo el ciclo del cultivo (Avila *et al.*, 2014-9).

El cultivo de frijol es atacado por un complejo de especies de minadores de la hoja, algunas de las especies más importantes para el cultivo son: *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza sativae* y *Liriomyza trifolii*. La importancia del complejo *Liriomyza* spp. se deriva de su naturaleza multivoltina, alimentación de tipo polífaga, desarrollo de resistencia a insecticidas y amplio rango de hospedantes (Reitz y Trumble, 2002).

Los adultos son moscas de tamaño pequeño de color negro, con fragmentos de color amarillo de 2 a 3 mm, tienen alas transparentes. El ciclo de vida cuando se tienen las condiciones óptimas tiene una duración aproximada de 23 días. El adulto

coloca los huevecillos en la hoja, las larvas son de color blanco amarillento brillante, cabeza de color oscuro, de aproximadamente 2 mm de longitud, y se alimentan del tejido interno de la hoja formando galerías de forma irregular; las larvas pasan por tres instares larvarios (Avila *et al.*, 2014-9).

Liriomyza huidobrensis es una plaga que ataca a hortalizas y ornamentales en invernadero y a campo abierto (Figura 14) (Lange *et al.*, 1957; Reitz *et al.*, 2013).

Liriomyza sativae es considerada la especie que provoca mayores daños y pérdidas en el rendimiento de muchos cultivos, ataca gran variedad de plantas en las que se incluyen las familias Cucurbitaceae, Fabaceae y Solanaceae (Figura 15) (Capinera, 2020).

Liriomyza trifolii ataca cultivos de hortalizas y de plantas ornamentales, algunas familias que afecta son Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Solanaceae, entre otras (Figura 16) (EFSA, 2012; CABI, 2019 y EPPO, 2021.)

Este insecto puede dañar a la planta de dos maneras, la primera se produce cuando la hembra perfora la superficie foliar con el ovipositor para depositar sus huevos y proveer un sitio de alimentación para las larvas (Bethke y Parrella, 1985).

La segunda forma de daño y la más importante es la formación de minas o galerías que realizan las larvas cuando se alimentan del tejido interno de la hoja, cuando empiezan a alimentarse las galerías son angostas, pero a medida que la larva crece las galerías aumentan de tamaño y con ello el daño foliar (Bethke y Parrella, 1985).



Figura 14. Adulto de *Liriomyza huidobrensis* (Shepard *et al.*, 2008)



Figura 15. Adulto de *Liriomyza sativae* (Eiseman, 2019)



Figura 16. Adulto de *Liriomyza trifolii* (Central Science Laboratory, Harpenden, 2008)

2.2.2.6 Thrips (*Caliothrips phaseoli*)

Los trips son una plaga polífaga, el daño se produce cuando el insecto se alimenta de la planta debido a que raspa y succiona la savia de las hojas provocando daños en el tallo y distorsión en las hojas, también puede atacar flores y vainas, en donde la zona afectada por la raspadura se necrosa (Tamayo y Londoño, 2001).

Son insectos de tamaño pequeño, se pueden encontrar tanto en el haz como en el envés de las hojas, se alimentan de la savia de la planta; la plaga puede atacar a la planta en cualquier etapa fenológica (Avila *et al.*, 2014-9).

Los adultos son de color marrón oscuro, poseen dos pares de alas angostas con flecos en el margen, las alas anteriores presentan dos bandas dorsales claras y tres bandas oscuras (Figura 17), colocan sus huevecillos en el envés de la hoja; los estados inmaduros son de color amarillo claro, cuando se presentan las condiciones óptimas completa su ciclo biológico en 15 días aproximadamente (Avila *et al.*, 2014-9).



Figura 17. Thrips (*Frankiniella occidentalis*) (Avila *et al.*, 2014-9)

2.2.2.7 Picudo del ejote (*Apion godmani*)

El daño más importante es producido por la larva, la hembra coloca los huevecillos uno a uno en el tejido de la vaina, al eclosionar, la larva realiza un orificio para introducirse al interior de la vaina, en donde se alimentará de la semilla en desarrollo. Las vainas dañadas pueden abortar, caer, presentar deformación y no producen semilla (Avila *et al.*, 2014-9).

Los adultos son pequeños escarabajos de color grisáceo, con las alas superiores duras y estriadas, presentan rostro alargado (Figura 18), las larvas son de color blanco, de forma curva, apodas y con la cabeza de color café oscuro, miden aproximadamente de 2 a 3 mm de longitud, presenta tres instares larvarios, las pupas se pueden encontrar dentro de las vainas (INIA, 2010).



Figura 18. Adulto de picudo de la vaina del frijol (*Apion godmani*) (Avila *et al.*, 2014-9)

2.2.2.8 Conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*)

En plantas del género *Phaseolus* se considera como una plaga importante debido a que tanto larvas como adultos se alimentan de las hojas de la planta, durante la etapa vegetativa, puede provocar disminución en el rendimiento debido a la defoliación (Schaafsma y Ablett, 1994).

El daño es ocasionado por larvas y adultos, se alimentan de la hoja dejando expuestas las nervaduras (Guerrero *et al.*, 1979). Las mayores pérdidas de rendimiento se producen cuando la defoliación se presenta durante la floración, formación y llenado de las vainas (Mena y Velásquez, 2010).

El adulto es de color café cobrizo y presenta ocho manchas oscuras en cada élitro (Figura 19), las larvas son de color amarillo y presentan hileras de espinas ramificadas en el cuerpo, durante el tiempo de desarrollo pasa por cuatro instares larvales (Avila *et al.*, 2014-9).



Figura 19. Adulto de *Epilachna varivestis* (Cranshaw, 2006)

2.2.2.9 Chinche apestosa y conchuela verde (*Euschistus servus*; *Nezara viridula*)

Estos dos insectos pertenecen a la familia Pentatomidae, presentan metamorfosis paurometábola, aparato bucal picador-chupador, las ninfas tienen los mismos hábitos que los adultos (Mendoza, 1978).

El daño es ocasionado por adultos y ninfas al momento de la alimentación, se alimentan de flores y vainas en formación. Durante la etapa de formación y llenado de la vaina, estos pentatómidos pueden provocar daños de diferente magnitud debido a las picaduras. También van a alimentarse de la savia y los brotes de las ramas pudiendo provocar la caída y reducción en el crecimiento de las vainas al inyectar sustancias tóxicas (Aragón, 2002).

Chinche verde (*Nezara viridula*): Los adultos son de color verde oscuro brillante, pueden presentar machas claras en hileras en el límite con el pronoto; las ninfas son de color oscuro y presentan manchas en hileras en el abdomen (Avila *et al.*, 2014-9).

Chinche café (*Euschistus servus*): El adulto es de color café y se caracteriza por el mal olor que desprende; las ninfas son de coloración variable en cada instar por el que pasan como café claro, negro con café o verde con manchas cafés (Avila *et al.*, 2014-9).

2.2.2.10 Ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Tarsonemidae)

Se trata de una plaga cosmopolita que afecta a un gran número de cultivos, entre ellos el frijol; puede causar daños graves al follaje y a los frutos (Garza-Urbina, 2000).

Estos ácaros se pueden encontrar en estructuras tiernas de la planta y en el envés de las hojas, en donde van a alimentarse causando daños en las porciones apicales, provocando distorsión de puntos de crecimiento, enrollamiento y deformación de las hojas (Schoonven, 1982).

En infestaciones altas las hojas se tornan de color amarillo oscuro, pueden provocar la muerte de la planta debido a la caída de las hojas, también se pueden encontrar haciendo daño a las vainas las cuales adquieren una coloración purpura (Ilica, 2010).

Los ácaros viven en los brotes tiernos o también en los puntos de crecimiento de la planta; los adultos son de color ámbar a verde amarillento translucido, el cuerpo tiene forma oval, es de tamaño pequeño de aproximadamente 2 mm de largo; las hembras presentan una raya blanca longitudinal a lo largo del cuerpo (Figura 20) (Brown y Jones, 1983).



Figura 20. Adulto de ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Tarsonemidae) (Avila *et al.*, 2014-9)

2.3 Enfermedades del frijol

Uno de los factores importantes que provoca la reducción de rendimiento y producción de la planta de frijol son los daños causados por las enfermedades, debido a que pueden afectar diferentes órganos de la planta y atacar en cualquier etapa fenológica, durante la producción y almacén (Lardizabal *et al.* 2013).

Son numerosas las enfermedades que pueden afectar al cultivo del frijol, estas pueden ser causadas por hongos, virus, bacterias y nematodos (Atilio y Reyes, 2008; Fonseca, 2015).

En las regiones productoras de frijol en donde se presenten condiciones de humedad residual temporal, las principales enfermedades que se pueden presentar son: roya (*Uromyces appendiculatus* (Pers: Pers) Unger var. *appendiculatus*); Virus del Mosaico dorado del frijol (VMDF); Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*); Mustia hilachosa (*Tanathephorus cucumeris*); Complejo de enfermedades de la raíz (*Fusarium oxysporum*; *Rhizoctonia solani*; *Sclerotium rolfsii*; *Macrophomina phaseolina*); Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *Phaseoli*; y ocasionalmente Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) (López *et al.*, 1996).

Las enfermedades que se describen a continuación son las enfermedades de la raíz causadas por hongos del género *Fusarium* y *Phytophthora*.

2.3.1 Enfermedades de la raíz en frijol

La pudrición de la raíz del frijol es causada por un complejo de hongos, los cuales dañan a la semilla, pudiendo causar la muerte de la semilla antes de la germinación, como también la muerte de las plántulas durante la preemergencia y postemergencia, reduciendo la capacidad de las raíces para la absorción de agua y nutrientes, provocando disminución en el rendimiento y calidad de la semilla tanto para siembra como para consumo. Las enfermedades de la raíz pueden reducir el rendimiento del frijol hasta en un 50% (Sánchez, 1983).

Entre los géneros de hongos más importantes causantes de las pudriciones de la raíz son *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium* y *Phytium* (Bolkan, 1980).

2.3.2 Enfermedades de la raíz del frijol causadas por *Fusarium*

El género *Fusarium* tiene una distribución cosmopolita; muchas de las especies de este género infectan a una amplia diversidad de cultivos por lo que son de importancia económica (Leslie y Summerell, 2006).

Fusarium es uno de los géneros más diversos, las especies comúnmente reportadas y estudiadas son *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* y *F. solani* f.sp. *phaseoli*. El primero causa la enfermedad del marchitamiento o amarillamiento del frijol que provoca la decoloración externa del hipocótilo y la raíz, en donde se torna de una coloración café rojiza y el tejido vascular toma una coloración anaranjada a café rojiza. Por el contrario *F. solani* f.sp. *phaseoli* causa la pudrición seca de la raíz provocando la formación de lesiones de coloración rojiza en el hipocótilo y la raíz; las lesiones pueden formar grietas longitudinales en la raíz, agrandándose y poniéndose de color café (Bolkan, 1980).

2.3.2.1 Amarillamiento o marchitamiento por *Fusarium*

La enfermedad también conocida como fusariosis es causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. La enfermedad se produce en el hipocótilo y las raíces (Arias *et al.*, 2007).

El micelio del hongo puede obstruir el sistema vascular produciendo un amarillamiento tenue que posteriormente se hará más pronunciado afectando a las hojas jóvenes, sin que la planta llegue a marchitarse (Figura 21) (CIAT, 1980).

La enfermedad se presenta durante la floración, de manera imprevista, como un amarillamiento y marchitamiento de la planta. El hongo coloniza las raíces produciendo una pudrición seca en el sistema vascular de la raíz, que ocasiona un hinchamiento en la base del tallo de la planta (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 21. Amarillamiento o marchitamiento de la planta de frijol por *Fusarium* (Arias *et al.*, 2007)

2.3.2.2 Pudrición seca de la raíz

La enfermedad es producida por el hongo *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, se encuentra en la mayor parte de las zonas productoras de frijol. Los síntomas iniciales aparecen como lesiones rojizas en el hipocótilo y en la raíz primaria a los pocos días después de la emergencia de la plántula; a medida que se desarrolla la enfermedad las lesiones se fusionan volviéndose de color café y raramente pueden prolongarse hasta la superficie del suelo (Figura 22). Las raíces primarias y secundarias mueren y quedan adheridas como residuos secos, cuando la raíz primaria muere, la parte inferior del tallo se vuelve hueca (CIAT, 1980).

La planta huésped no presenta marchitamiento pronunciado, pero si un retraso en su crecimiento, así como también una coloración amarilla y caída de las hojas de forma prematura (CIAT, 1980).



Figura 22. Pudrición radical de frijol por *Fusarium* (Arias et al., 2007)

2.3.2 Enfermedades provocadas por *Phytophthora*

Las diferentes especies de *Phytophthora* causan enfermedades en diferentes tipos de plántulas de hortalizas anuales o de ornato, árboles forestales y frutales completamente desarrollados; la mayoría producen pudriciones de la raíz, ahogamiento de plántulas y pudriciones de tubérculos, cornos, base del tallo y otros órganos. Otras especies ocasionan pudriciones de yemas o de frutos y algunas de ellas producen tizones que atacan al follaje, ramas inmaduras y frutos; algunas especies son específicas al hospedante. Las especies más importantes de este género son: *P. cactorum*, *P. capsici*, *cambivora*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. cryptogea*, *P. erythroseptica*, *P. cryptogea*, *P. fragariae*, *P. palmivora*, *P. phaseoli*, *P. syringae*, entre otras (Agrios, 2022).

Phytophthora phaseoli tiene un reducido número de hospedantes, es el agente causal del mildiú veloso en el frijol lima (Agrios, 2022).

El mildiú veloso del frijol Lima fue reportado por primera vez por Thaxter en Connecticut en 1889 (Thaxter, 1889). La especie de frijol *Phaseolus lunatus* presenta susceptibilidad a *Phytophthora phaseoli*, los peciolos, racimos florales, puntas de brotes y vainas maduras son las estructuras más susceptibles de la planta; en donde el patógeno produce un crecimiento algodonoso de color blanco

con grandes cantidades de esporangios con una banda rojiza que frecuentemente rodea el área afectada (Davidson, 2002).

2.4 *Trichoderma* spp.

Trichoderma es un género de hongos que se encuentra en muchos ecosistemas, lo que facilita su adaptación cuando se introduce en diferentes tipos de clima; algunas cepas tienen la capacidad de reducir la agresividad de las enfermedades de las plantas ya que inhiben a los fitopatógenos, principalmente en el suelo o las raíces de la planta mediante su alto potencial antagónico y micoparasitario (Viterbo y Horwitz, 2010).

La etapa sexual (teleomórfica) se conoce con el nombre genérico de *Hypocrea*, mientras que la etapa asexual (anamórfica) se conoce como *Trichoderma* (Druzhinina *et al.*, 2011).

Trichoderma spp. se caracteriza por un rápido crecimiento, en su mayoría conidios de color verde brillante y una estructura de conidióforo repetidamente ramificada (Gams y Bissett, 1998).

Las especies de *Trichoderma* son colonizadores altamente exitosos en sus hábitats, se adaptan fácilmente a las condiciones ecológicas y pueden crecer de manera saprofitica (Zeilinger *et al.*, 2016).

Las diferentes especies de este género se encuentran asociadas a la rizosfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica proporcionando beneficios a las plantas (Torres de la Cruz *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2017).

Las propiedades antagónicas de *Trichoderma* se basan en la activación de múltiples mecanismos como la competencia por espacio y nutrientes, promoción de crecimiento vegetal, micoparasitismo, antibiosis y la inducción de respuestas de defensa vegetal (de Aguilar *et al.*, 2014; Sandle 2014; Vargas-Hoyos y Gilchrist-Ramelli, 2015).

Durante el proceso de micoparasitismo *Trichoderma* secreta enzimas que hidrolizan la pared celular de los hongos que parasita, provocando la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma (Figura 23) (Romero-Cortes *et al.*, 2016).

Debido a la capacidad que tiene de atacar a otros hongos y utilizar sus nutrientes, resulta efectivo como agente de control biológico contra hongos fitopatógenos del suelo y aéreos, como también contra especies de nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* (Koppert, 2018).

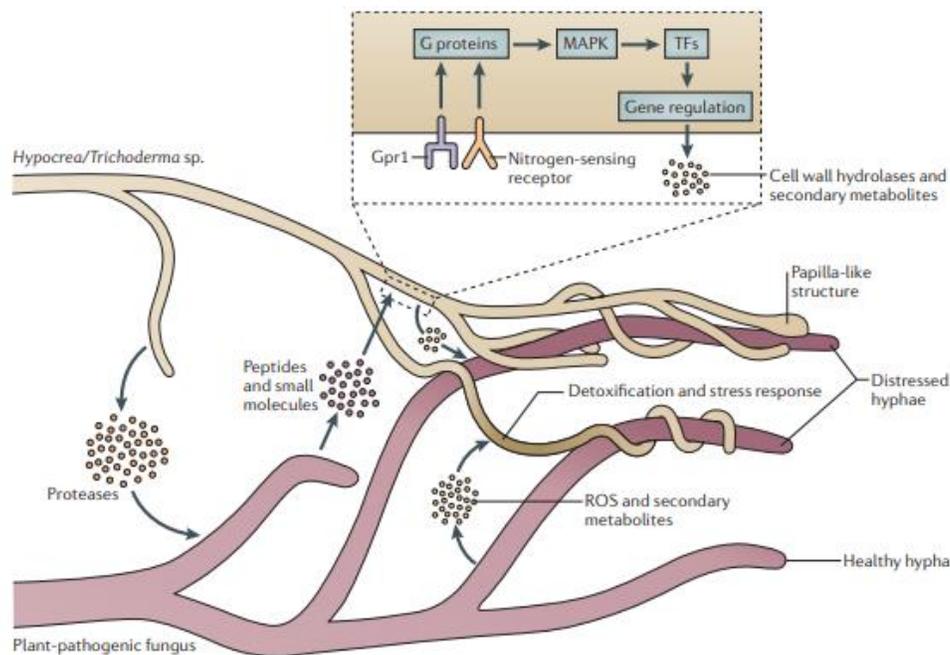


Figura 23. Micoparasitismo de *Hypocrea/Trichoderma* spp. dentro de la comunidad del suelo (Druzhinina *et al.*, 2011)

2.4.1 *Trichoderma harzianum*

Trichoderma harzianum presenta especies con gran diversidad en cuanto a genotipos y fenotipos. Este hongo tiene la característica de adaptarse a diferentes condiciones ambientales por lo que se le puede encontrar distribuido ampliamente en diferentes tipos de suelo; inicialmente el micelio es de coloración blanca, posteriormente a medida que se va desarrollando adquiere un color verde oscuro. Cuando el hongo es colocado en medios de cultivo, éste crece y se desarrolla rápidamente (Romero, *et al.*, 2009).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Colecta de plantas enfermas

Se colectaron plantas de frijol con síntomas de enfermedades fúngicas en el Municipio de Torreón, Coahuila de Zaragoza. El Municipio de Torreón se encuentra en el extremo suroeste del Estado de Coahuila en lo que se conoce como Comarca Lagunera, en las coordenadas 25°32'19" longitud Norte y 103°27'442" longitud Oeste, con altitud de 1120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y al este con el Municipio de Matamoros, al sur y al oeste con el Estado de Durango (Figura 24) (Ayuntamiento de Torreón, Coahuila, México, 2023).



Figura 24. Ubicación geográfica del Municipio de Torreón, Coahuila (Google maps, 2023)

Las plantas colectadas presentaban síntomas como: amarillamiento del follaje casi en su totalidad, plantas con poco crecimiento, muerte parcial de las plantas y en algunos casos muerte total de la planta (Figura 25 y 26).



Figura 25. Plantas de frijol con diferente sintomatología



Figura 26. Planta de frijol enferma

3.2 Análisis de las plantas enfermas

Las plantas fueron procesadas y analizadas en el laboratorio de Parasitología ubicado en el interior de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Se realizó la disección del tallo con presencia de micelio, obteniendo cinco muestras de cada planta; cada una de ellas fue desinfectada con alcohol al 96%, posteriormente fueron colocadas dentro de cámaras húmedas y selladas con plástico-autoadherente para propiciar el crecimiento del hongo en medio de cultivo Agar. Las cajas fueron marcadas y colocadas en un área a temperatura ambiente para el crecimiento del micelio (Figura 27).



Figura 27. Muestras de frijol en cámaras húmedas

3.3 Preparación de medios de cultivo

Para la preparación del medio de cultivo se utilizó PDA (Agar de Papa Dextrosa), siguiendo las indicaciones establecidas por el fabricante. La preparación se realizó en 350 ml de agua destilada en la que se agregaron 13.7 gr de PDA.

Posteriormente fue vertido en un matraz de 500 ml, el cual se puso a calentar con ayuda de un soporte universal y un mechero con alcohol; para finalizar el proceso se llevó a la autoclave para su esterilización (Figura 28).

El agar fue vaciado en cajas Petri, sellado con el plástico-autoadherente y colocado a temperatura ambiente para el crecimiento del hongo.



Figura 28. Preparación de medios de cultivo PDA

3.4 Aislamiento del hongo

De las cepas de hongos *Fusarium* spp. y *Phytophthora* sp., se tomaron muestras con ayuda de un bisturí esterilizado sobre la flama del mechero;

posteriormente se procedió a cortar un fragmento del medio de cultivo con micelio del hongo. Una vez realizado el corte, se puso la muestra sobre el nuevo medio de cultivo y se selló la caja Petri; se dejaron a temperatura ambiente, las cuales fueron observadas cada 24 horas después del aislamiento y se fue marcando el diámetro de crecimiento del hongo.

Para realizar esta práctica se desinfecto el área de trabajo, colocando una barrera con los mecheros para crear un ambiente de esterilización a base de calor (Figura 29).

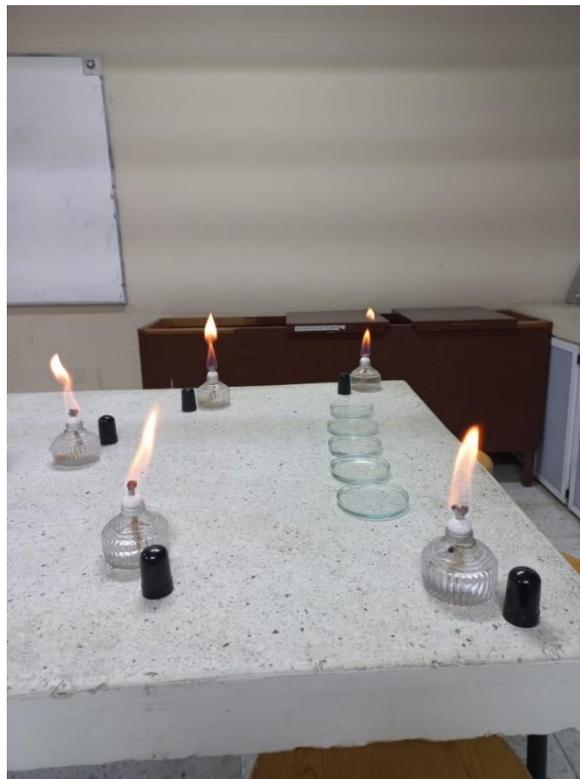


Figura 29. Barrera de desinfección del área de trabajo

3.5 Examinación del cuerpo del hongo

Con ayuda de un bisturí se tomaron muestras del micelio del hongo y se colocaron en el portaobjetos, las cuales fueron teñidas con azul de algodón; estas muestras fueron observadas en el microscopio compuesto con aumento de 40x visualizando la estructura del cuerpo del hongo, así como estructuras de

reproducción para verificar las cepas de hongos de los géneros *Fusarium* y *Phytophthora*.

3.6 Resiembra de cepas

En el medio de cultivo agar PDA se colocaron discos del hongo patógeno y *Trichoderma harzianum* en los extremos de 12 cajas Petri, los cuales fueron cortados con ayuda de trozos de popote esterilizados, repitiendo el procedimiento tres veces por cepa; en dos cajas se colocaron los dos hongos en lados opuestos (Figura 30) y en otra se colocó al hongo patógeno en el centro de la caja, para observar y marcar el diámetro de crecimiento.

Las muestras fueron observadas cada 24 horas, marcando el diámetro de crecimiento de los hongos.

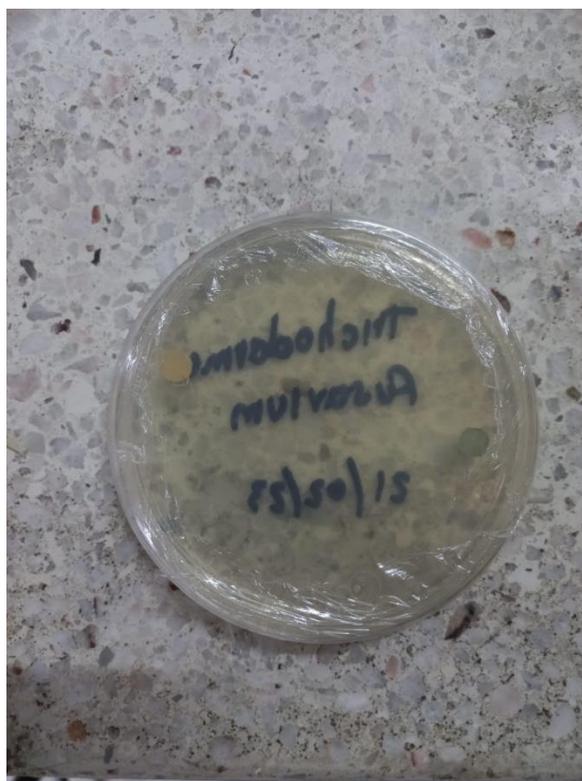


Figura 30. Confrontación de cepas de *T. harzianum* vs hongo fitopatógeno

3.7 Evaluación de crecimiento de micelio

En cada una de las cajas se observó y se marcó el diámetro de crecimiento de los hongos a partir de la muestra de inóculo inicial, incluyendo las cajas en donde se estableció la competencia *Fusarium* spp. vs *T. harzianum*. y *Phytophthora* vs *T. harzianum*.

El diámetro de crecimiento fue marcado cada 24 horas en cada una de las cajas, con la finalidad de observar cuál de los dos hongos se desarrollaba con más rapidez (Figura 31).

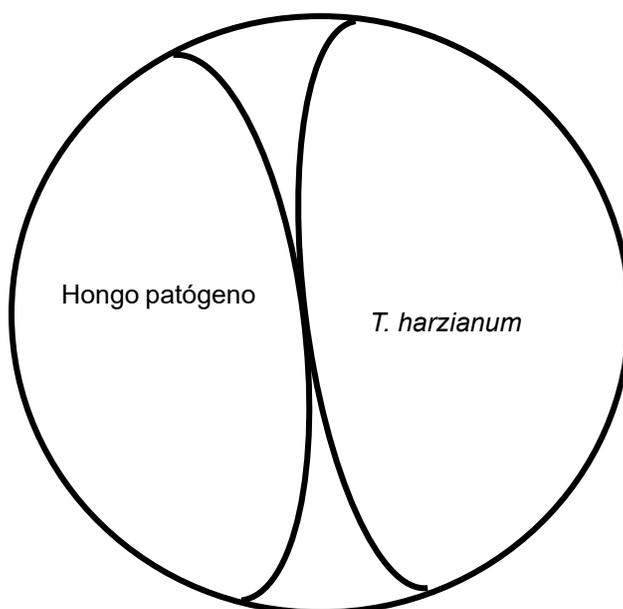


Figura 31. Representación de antagonismo de Hongo fitopatógeno vs *T. harzianum*

3.8 Observación de hongos en el microscopio

Con ayuda de una aguja de disección se tomó una muestra de micelio de cada una de las cajas en la zona de intersección entre los dos hongos, las muestras fueron teñidas con azul de algodón para poder observar de mejor manera al hongo, fueron observadas en el microscopio con el aumento de 40x, lo anterior con la finalidad de observar la actividad antagonista de *Trichoderma harzianum* hacia el hongo patógeno (Figura 32).



Figura 32. Observación de microscopías

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las plantas de frijol colectadas en campo, se aislaron cepas de hongos en medio de cultivo PDA.

Resultando los géneros *Fusarium* (Figura 33), *Phytophthora* (Figura 34) y *Rhizoctonia* presentes en el cultivo. Las cepas de hongos fitopatógenos aislados en campo y utilizados en las pruebas no se identificaron a nivel especie, ya que para ello se necesitan realizar pruebas más específicas.



Figura 33. Observación macroscópica de *Fusarium* spp., cepa 1 (izquierda); cepa 2 (centro); cepa 3 (derecha).



Figura 34. Observación macroscópica de *Phytophthora* sp.

Estructuras microscópicas de *Fusarium* spp. observadas en el microscopio compuesto a 40x (Figuras 35-37).



Figura 35. Macroconidios de *Fusarium* spp. (observados a 40x)



Figura 36. Microconidios de *Fusarium* spp. (observado a 40x)

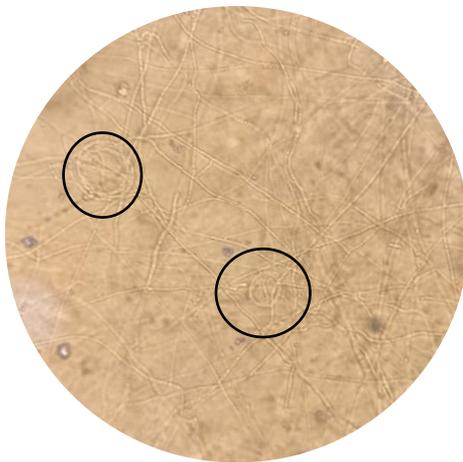


Figura 37. Enrollamientos característicos de *Fusarium* spp. (observados a 40x)

Estructuras microscópicas de *Phytophthora* sp. observadas a través del microscopio compuesto con 40x (Figura 38).

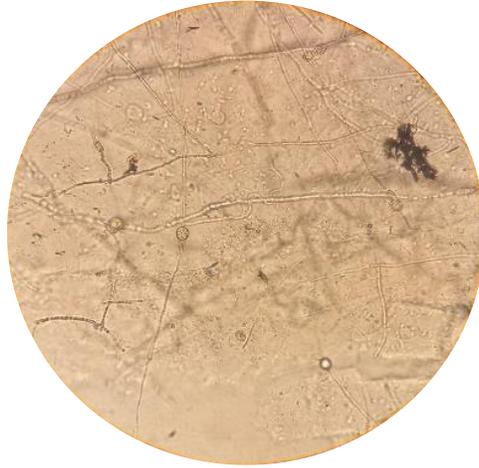


Figura 38. Estructuras globulares y no globulares de *Phytophthora* sp. (observado a 40x)

Estructuras microscópicas de *Rhizoctonia* sp. observadas a través del microscopio compuesto con 40x (Figura 39).

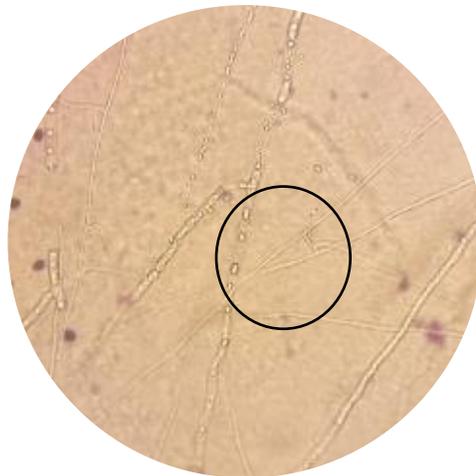


Figura 39. Estructuras en forma de ángulo recto, característico de *Rhizoctonia* sp. (observado a 40x)

Rhizoctonia forma parte del complejo de hongos que provocan pudriciones en las raíces de las plantas, afectando a cultivos de importancia económica (Bolkan, 1980).

En este proyecto *Rizhoctonia* no se consideró como objeto de estudio para probar la capacidad de inhibición de *T. harzianum*, por lo tanto, no se realizaron pruebas *in vitro* con este hongo.

Estructuras microscópicas de *Trichoderma harzianum* vistas con el microscopio compuesto con aumento de 40x (Figuras 40 y 41).



Figura 40. Esporas de *T. harzianum* (observado a 40x)

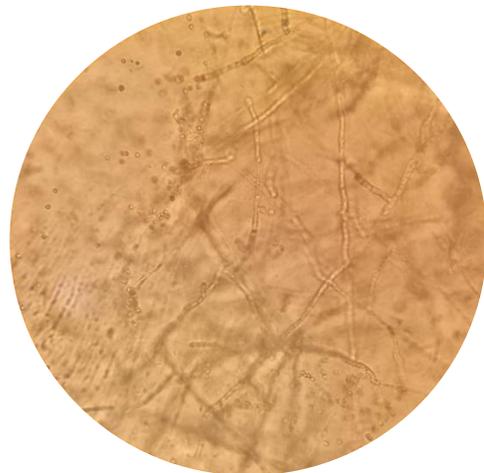


Figura 41. Micelio de *T. harzianum* (observado a 40x)

4.1 Crecimiento del micelio

El crecimiento del micelio de las cepas de *Fusarium* spp. (F1, F2 y F3), *Phytophthora* sp. y *T. harzianum* (individual y en competencia por triplicado) marcado en círculos cada 24 horas por una semana, se observó la expansión del micelio de forma circular, presentando coloraciones blancas, negras y verde oscuro (Figuras 42-44).



Figura 42. Crecimiento del micelio de las cepas puestas en confrontación



Figura 43. Desarrollo del micelio de cepas individuales en forma circular



Figura 44. Crecimiento del micelio (izquierda) y círculos de crecimiento (derecha) de *T. harzianum* en cajas Petri

4.2 Evaluación del antagonismo de la cepa de *Trichoderma harzianum*

El crecimiento de la cepa de *T. harzianum* ante las cepas de *Fusarium* spp. (F1, F2 y F3) y *Phytophthora* sp. fue observado y marcado cada 24 horas hasta que los dos hongos se interceptaron (Figura 45).

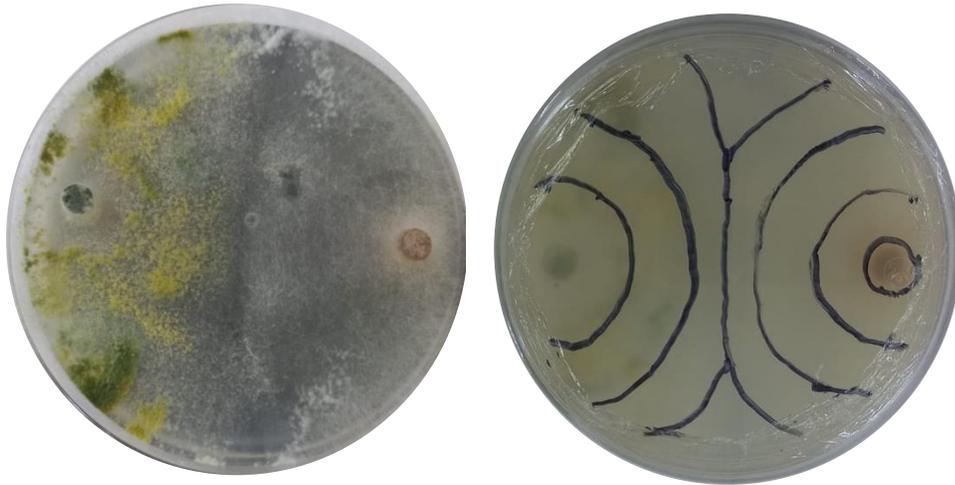


Figura 45. Confrontación *T. harzianum* vs *Fusarium* spp

En las pruebas realizadas con *Phytophthora* sp. se observó que *T. harzianum* tuvo mayor crecimiento en cuanto a superficie sobre el medio de cultivo en comparación con *Phytophthora* sp (Figura 46).

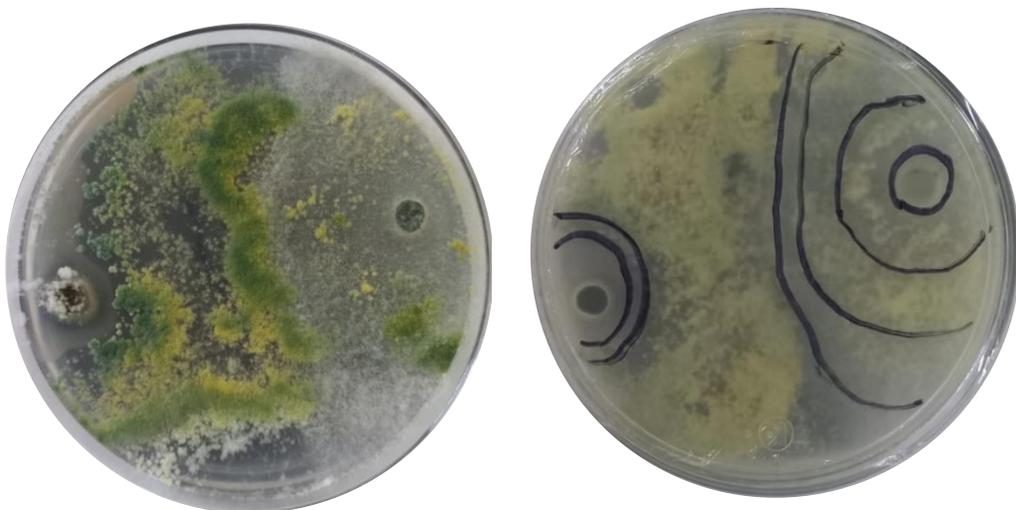


Figura 46. Confrontación *Phytophthora* sp. vs *T. harzianun* en cajas petri

4.3 *Fusarium* sp vs *T. harzianum*

El género *Trichoderma* se encuentra ampliamente distribuido en casi todos los tipos de suelo. Se han realizado experimentaciones utilizando a *Trichoderma harzianum* como agente de control biológico, en donde se ha demostrado que tiene un efecto antagónico contra *Fusarium* (Mokobi, 2020).

Bolkan (1980) señala que en la implementación de hongos del género *Trichoderma* empleadas como agentes de biocontrol sobre hongos patógenos que afectan la raíz, la actividad antagónica puede ser muy limitada debido a que las interacciones de inhibición sobre el patógeno no se tienen caracterizadas.

Debido a que las especies de *Fusarium* se adaptan fácilmente a condiciones en diferentes medios el empleo de agentes de control biológico para su control puede no ser muy efectivo (Mittra y Lele, 1981).

En las imágenes microscópicas tomadas de las cajas con interacciones entre los dos hongos (*T. harzianum* / *Fusarium* spp.) se observaron resultados de la actividad antagónica de *T. harzianum* sobre el micelio de *Fusarium* spp (Figura 47).



Figura 47. Estructura "fantasma" de hifa de *Fusarium* spp. debido a la actividad de *T. harzianum*

4.4 Phytophthora vs T. harzianum

Ezziyyani *et al.*, (2004) realizaron investigaciones donde probaron la actividad antagónica de *Trichoderma harzianum* sobre *Phytophthora capsici* en pimiento en tres diferentes medios de cultivo, incluido en PDA; los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los investigadores ya que demostraron que la actividad antagónica fue efectiva.

Por otro lado, Michel y colaboradores (2020) realizaron una investigación empleando *Trichoderma* spp. sobre *Phytophthora parasítica*, con cepas obtenidas de plantas de jamaica, en donde los resultados mostraron un control efectivo ya que *T. harzianum* crece de manera acelerada y por lo tanto cubre totalmente la superficie del medio de cultivo parasitando al hongo; los cuales coinciden con este estudio realizado.

En las pruebas realizadas en medios de crecimiento PDA se pudo observar un mayor crecimiento de *T. harzianum* y al visualizarse bajo microscopio óptico se observó la inhibición de *Phytophthora* sp. con *T. harzianum* (Figura 48).

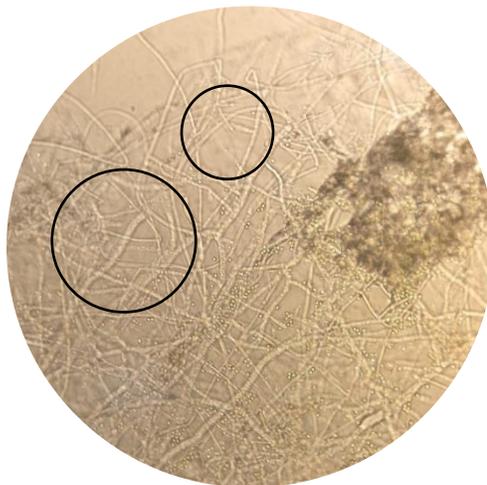


Figura 48. Destrucción de hifa de *Phytophthora* sp. por *T. harzianum*

La efectividad parasítica de control del hongo antagónico *T. harzianum* sobre el hongo fitopatógeno *Fusarium* spp. se ubica en la escala No.3 de acuerdo a la escala de Bell *et al.*, (1982), al colonizar cada uno la mitad de la superficie del medio de cultivo, lo que indica que ninguno de los dos hongos tiene dominio sobre el otro.

Para el caso de *T. harzianum* vs *Phytophthora* sp. el porcentaje de colonización fue logrado por *T. harzianum*, ubicándose en la escala No.2 de Bell *et al.*, (1982); donde *T. harzianum* coloniza dos terceras partes del medio de cultivo limitando el crecimiento del hongo patógeno (*Phytophthora* sp.).

Los resultados obtenidos indican que *T. harzianum* inhibió el desarrollo de los hongos fitopatógenos en diferentes porcentajes, presentando crecimientos en diferente proporción.

V. CONCLUSIÓN

Se cumplió el objetivo de la investigación demostrando que *Trichoderma harzianum* tuvo la capacidad de inhibir a los hongos fitopatógenos *Fusarium* y *Phytophthora* aislados de las plantas de frijol en el Municipio de Torreón, Coahuila.

T. harzianum mostro mayor capacidad antagonista de inhibición sobre el hongo entomopatígeno *Phytophthora* sp. en pruebas *in vitro* y en menor proporción sobre *Fusarium* spp; observándose micoparasitismo de *T. harzianum* sobre micelio de ambos hongos fitopatógenos.

Se determina que *T. harzianum* es efectivo para el biocontrol de hongos fitopatógenos de los géneros *Fusarium* spp. y *Phytophthora* sp., presentes en cultivos de frijol establecidos en Torreón, Coahuila.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, G.J.A., Sánchez, G.B.M., Mendoza, H.F.M., Jiménez, H.Y., Salinas, P.R., Rosales, S.R., Navarrete, M.R., Zandate, H.R., Alvarado, M.S. y Padilla, R.J.S. (2010). Rendimiento y reacción a enfermedades en frijol tipo Flor de Mayo en riego y temporal [versión electrónica]. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(1).
- Agrios, G.N. (2022). *Fitopatología*. (2ª edición). México: Limusa.
- Alves de Paiva, L., de Carvalho, W., Teixeira, C., de Sousa Almeida, A., Ribeiro da Cunha, P., y Gonçalves de Jesus, F. (2018). Resistance of common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1): 12-18. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v44n1/0120-0488-rcen-44-01-00012.pdf>
- Amerio, N.S., Castrilo, M.L., Bich, G.A., Zapata, P.D. y Villalva, L.L. (2020). *Trichoderma* en la Argentina: Estado del arte [versión electrónica]. *Ecología Austral* 30: 113-124.
- Anaya-López, J.L., Acosta-Gallegos, J.A., Jiménez-Hernández, Y., García-Álvarez, N.C. Rojas-Tovar, M. y Chiquito-Almanza, E. (2020). 'San Blas': variedad de frijol Negro Opaco resistente a *BCMV* y *BCMNV* para Nayarit y El Bajío de Guanajuato. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 11(7):1701-1707.
- Anaya-López, J.L., Silva-Rosales, L., Montero-Tavera, V., Espejel, F. y Acosta-Gallegos, J.A. (2015). Retos y oportunidades en la selección asistida de frijol resistente a *BCMV* y *BCMNV* en México: I. Dimensión del problema. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(3):453-465.
- Aragón, J. (2002). Marzo: mes crítico para las plagas de la soja – Informe No.7. Sección Entomología. INTA EEA Marcos Juárez :1-8.
- Arias, J., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble [Manual técnico]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <http://www.fao.org/3/a-a1359s.pdf>

- Arias, S., Lardizábal, R., y Segura, R. (2013). Manual de producción de frijol. Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/manual_de_produccion_de_frijol.pdf
- Atilio, C. y Reyes, C. H. (2008) Programa de Granos Básicos. Guía y Técnicas para el Manejo de Variedades de Frijol. Ministerio de la Agricultura y de la Ganadería (MAG). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). La Libertad, El Salvador. 1-23 pp.
- Ávila, M.J.A., Ávila, S.J.M., Rivas, S.F.J. y Martínez, H.D. (2014-9). El cultivo del frijol. Sistemas de producción en el Noroeste de México. Cultivos extensivos. Universidad de Sonora. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Agricultura y Ganadería.
- Ayala, G. A.V., Acosta, G.J.A. y Reyes, M.L. (2021). El Cultivo del frijol Presente y Futuro para México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Celaya Gto. México, Libro Técnico No. 1. 232 p.
- Ayuntamiento de Torreón, Coahuila, México. (2023). Ubicación geográfica de Torreón. Consultado el 09 de Abril 2023. Sitio Oficial del Ayuntamiento de Torreón: http://www.elclima.com.mx/ubicacion_geografica_de_torreon.htm
- Becerra, L.N. y López, S.E. (1994). Enfermedades del cultivo del frijol en el Trópico de México. XXI Congreso Nacional de Fitopatología. Soc. Mex. Fitopatol. Cuernavaca, Morelos. p. 56.
- Bell, D. K., Wells, H. D. y Markham, C. R. (1982). *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72: 379-382.
- Bethke, J.A. y Parrella, M.P. (1985). Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of *Liriomyza trifolii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 39 (2): 149–154.

- Bolkan, H. A. (1980). Las pudriciones radicales. In: Schwartz, H. F., y G. E. Gálvez (eds). Problemas de Producción del Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. pp: 65-99.
- Brown, R.D. y Jones, V.P. (1983). The Broad Mite on Lemons in Southern California. *California Agriculture*. 37 (7/8): 21-22.
- Byrne, D. y Miller, B. (1990). Carbohydrate and amino acid composition of phloem sap and honeydew produced by *Bemisia tabaci*. *Journal of Insect Physiology* 36: 433-439.
- CABI. (2019). *Liriomyza trifolii* (American serpentine leafminer) Recuperado de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/30965>
- Cabrera, R.Y.L., Santana, B.Y. e Izquierdo, M.E. (2017). Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en condiciones semicontroladas. *Avances*. 19 (1): 66-74.
- Campos, A.J. (1991). Enfermedades de frijol. Editorial Trillas. Primera edición. México. pp. 70-73.
- Capinera, J.L. (2020). Vegetable leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard (Insecta: Diptera: Agromyzidae). Featured Creatures. Entomology and Nematology. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. University of Florida. Recuperado de: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/VEG/LEAF/vegetable_leafminer.htm
- Cardona, C., Bueno, J., Rodríguez, I., y Tapia, X. (2005). Biología y manejo de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en habichuela y frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Car%C3%A1tula.pdf
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1980). Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. CIAT, Cali, Colombia. 220 pp.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1984). Morfología del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali, Colombia. 2da edición. 29p.

- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1985). Frijol: Investigación y producción. CIAT, Cali, Colombia. 41 p.
- Central Science Laboratory, Harpenden. (2008). American serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) (Burgess, 1880). Disponible en: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=0660020> Fecha de consulta: enero de 2021.
- Cranshaw W. (2006). Mexican bean beetle (*Epilachna varivestis*) Mulsant, 1850. Colorado State University, Bugwood.org. Recuperado de: <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5023085>
- Cuellar, M.E. y Morales, F.J. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vector de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Col. Entomol. 32(1):1-9.
- Davidson, C. R., Carroll, R. B., Evans, T. A., Mulrooney, R. P. y Kim, S. H. (2002). First report of *Phytophthora capsaci* infecting lima bean (*Phaseolus lunatus*) in the mid-Atlantic region. Plant Dis. 86:1049.
- De Aguiar, R.A., da Cunha, M.G. y Junior. M.L. (2014). Management of white mold in processing tomatoes by *Trichoderma* spp. and chemical fungicides applied by drip irrigation. Biological Control, 74:1-5.
- De Oro, A.R.F., Sánchez, D.T., Sierra, B.P.V. y Rubiano, R.J.A. (2021). Principales plagas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Cesar, Colombia. Mosquera, (Colombia): Agrosavia.
- DGSV-CNRF. (2020). Conchuela del frijol *Epilachna varivestis* Mulsant (Insecta: Coleoptera: Coccinellidae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 23 p.
- DGSV-CNRF. (2020). Gallinas Ciegas *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae) y *Cyclocephala* spp. (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae).

- Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 21 p.
- DGSV-CNRF. (2020). Minador de la hoja de frijol *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). SaderSenasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 27 p
- DGSV-CNRF. (2020). Mosquita blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 21 p.
- DGSV-CNRF. (2020). Podredumbre de raíces por *Fusarium* spp (Hypocreales: Nectriaceae) en maíz. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 15 p.
- Díaz, P.R., Téliz, O.D. y Muñoz, O.A. (1991). Interacción de algunos patógenos del frijol con sequía. Rev. Mex. Fitopatología. 9:121-125.
- Díaz, G.L., Yanes, L.N., Castellanos, G.L. y Morejón, L.N. (2016). *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) como plaga en cultivos agrícolas de interés económico en los municipios Abreu y Aguada de Pasajeros [versión electrónica]. Centro Agrícola, 43(2): 78-82.
- Druzhinina, I.S., Seidl, V.S., Herrera, A.E., Horwitz, B.A., Kenerley, C.M., Monte, E., Mukherjee, P.K., Zeilinger, S., Grigoriev, I.V., y Kubicek, C.P. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Reviews Microbiology. 9: 749-759.
- EFSA. (2012). Scientific Opinion on the risks to plant health posed by *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) and *Liriomyza trifolii* (Burgess) to the EU territory with the identification and evaluation of risk reduction options. EFSA Panel on Plant Health. EFSA Journal, 10(12):3028. [190 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2012.3028.

- Eiseman Ch. (2019). Vegetable leaf miner (*Liriomyza sativae*). Recuperado de: <https://bugguide.net/node/view/1671029/bgimage>
- EPPO. (2021). *Liriomyza trifolii* (LIRITR). EPPO Global Database. Recuperado de: <https://gd.eppo.int/taxon/LIRITR>
- Evans, T.A., Mulrooney, R.P., Gregory, N.F. y Kee, E. (2007). Lima Bean Downy Mildew: Impact, etiology, and management strategies for Delaware and the Mid-Atlantic Region, U.D [version electronica]. Plant Disease, 91 (2).
- Ezziyyani, M., Pérez, S.C., Sid, A.A., Requena, M.E. y Candela, M.E. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) [versión electrónica]. Anales de Biología, 26: 35-45.
- Fernández, V.A.F. y Sánchez, C.E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova Scientia. 9 (18):133-148.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2016). Panorama Agroalimentario 2016. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf
- Figuroa, H.E., Pérez, S.F., Godínez, M.L., Escamilla, G.P.E. y Jiménez, G.M. (2022). Las variables económicas en la producción agrícola en México. Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. (ASMIIA, A.C.). México.
- Fonseca, L. F. (2015) Manual: Frijol. Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial. Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial. Cámara de Comercio de Bogotá. 1-59 pp.

- Gamarra, H., Mujica, N., Carhuapoma, P., Kreuze, J. y Kroschel, J. (2016). Sweetpotato white fly, *Bemisia tabaci* (Gennadius 1989) (Biotype B). In: Kroschel J, Mujica N, Carhuapoma P, Sporleder M. (eds.). Pest distribution and risk atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. Lima (Peru). International Potato Center (CIP).
- Gams, W. y Bissett, J. (1998). Morphology and identification of *Trichoderma*. In: *Trichoderma and Gliocladium*. Volume 1. Basic Biology, Taxonomy and Genetics. C. P. Kubicek and G. E. Harman (eds.). Taylor and Francis. London, UK. pp:3-34.
- Garibay, F., Altamirano, A., Huerta, J. y Hernández, S. (2018). Cuatro productos ancestrales y su importancia en la gastronomía mexicana. *Revista Digital de Divulgación e Investigación Turística*. 6 (6): 16-29.
- Garza, U.E. (2000). El ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus*, nueva plaga del cultivo de chile en la Planicie Huasteca. Folleto técnico No.3. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste.
- Granados, M.M.M., Chaves, B.N., Chaverri, P., Hernández, F.J.C. y Escudero, L.E. (2021). Hongos asociados a la marchitez del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en Costa Rica) [versión electrónica]. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(2).
- Gepts, P. y Debouck, D. (1991). Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Common Beans. Research for Crop Improvement. A van Schoonhoven, O Voysest (eds). C.A.B. International. pp:7–53.

- Gonçalves, A., Boiça, A., Farias, P., Souza, B., Rodríguez, N., y Carbonell, S. (2019). Common bean resistance expression to whitefly in winter and rainy seasons in Brazil. *Scientia Agricola*, 76(5): 389-397.
- Google. (2023). [Mapa de Torreón, Coahuila de Zaragoza, México en Google maps]. [En línea].
<https://www.google.com/maps/place/Torre%C3%B3n,+Coah./@25.5486137,-103.4019159,12z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x868fdb9bb45b3fb:0x8bcc7a9970aea01d!8m2!3d25.5428443!4d-103.4067861!16zL20vMDFidjFs?entry=ttu>
- Guzmán-Maldonado, S.H. y Acosta-Gallegos, J.A. (2002). El Frijol: Un alimento tradicional redescubierto. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP. México. Desplegable # 1.
- Guzmán, P.R.A., Gómez, P.R., García, E.R., Gavi, R.F. (2004). Distribución espacial de la pudrición radical del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder y Hans. en la Vega de Metztlán, Hidalgo, México [versión electrónica]. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(2): 246-258.
- Guzmán-Vásquez, H. M., Sánchez-García, J. A. Y Hernández-Cruz, J. (2017). El Género *Cyclocephala* Dejean (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae:Cyclocephalini) en México. *Entomología mexicana*, 4: 808-812
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I. y Monte, E. (2012). Efectos beneficiosos para las plantas de *Trichoderma* y de sus genes [versión electrónica]. *Microbiology*, 158(1).
- Hernández, R.A. (2018). Insectos plaga y enfermedades asociadas a cuatro cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo de diploma.

Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara. Villa Clara. Cuba.

- Hernández, M.D.J., Ferrera, C.R. y Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* [versión electrónica], 35(1).
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Rev. Protec. Veg.* 24: 14-21.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2010). Guía de identificación y manejo integrado: plagas del frijol en Centroamérica. <http://repiica.iica.int/docs/B1885e/B1885e.pdf>
- Jacobo, J.L., Ramírez, L.M.R., Fernández, H.P. (1992). Selección y susceptibilidad de germoplasma de frijol al tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith Dye). *Rev. Mex. Fitopatol.* 11:36-40.
- Koppert. (2018). ¿Por qué utilizar especies de *Trichoderma* es una excelente idea para proteger las raíces de tus cultivos? Consultado el 10 de Abril 2023. Obtenido de, <https://www.koppert.mx/noticias-item/por-que-utilizar-especies-de-trichoderma-es-una-excelente-idea-para-proteger-las-raices-de-tus-cultivos/>
- Lange, W.H., Gricarick, A.A., y Carlson, E.C. (1957). Serpentine leafminer damage. *California Agriculture* 11: 3-5.
- Lara, M. (2015). El cultivo de frijol en México [versión electrónica]. *Revista Digital Universitaria.* 15 (2).
- Lardizabal, R., Arias, S. y Segura, R. (2013). Manual de Producción de Frijol. USAID-ACCESO asociación con la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, la Escuela Agrícola Panamericana, Fundación

para el Desarrollo Empresarial Rural, CARE, Proyecto Aldea Global. 1-24 pp.

- Lépiz, I.R., López, A.J.J., Sánchez, G.J.J., Santacruz, R.F., Nuño, R.R. y Rodríguez, G.E. (2010). Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador [versión electrónica]. *Revista fitotecnica mexicana*, 33(1).
- Leslie, J.F, Summerell, B.A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing. 387 p.
- Lomas-Soria, C., Pérez-Ramírez, I. F., Caballero-Pérez, J., Guevara-Gonzalez, R. G., Guevara-Olvera, L., Loarca-Piña, G., Guzmán-Maldonado, S.H., Reynoso-Camacho, R. (2015). Cooked common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) modulate renal genes in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 26: 761-768.
- López, F., L.C. (1991). Definición de prioridades de investigación fitopatológica para la zona templada del Altiplano Central de México. *Agric. Téc. Méx.* 17(1y2):17-51.
- López, S.E., Becerra, L.E.N., Cano, R.O. y López, G.V.O. (2002). Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia múltiple a enfermedades en el Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 20(2) :193-199.
- López, S.E., Cano, R.O., Acosta, G.J.A., Becerra, L.E.N., Cruz, Ch.F., Ortega, Z.A.D., y Vinay, B.C.J. (1996). Negro Tacaná nueva variedad de fríjol, para el Trópico Húmedo de México. Folleto Técnico No. 10. INIFAP-CIRGOCCECOT., p. 17
- López, A.J.J., Lépiz, I.R., González, E.D.R., Rodríguez, M.R., López, A.E. y Olalde, P.V. (2017). Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de *Rhizobium* colectadas en frijol común silvestre y domesticado [versión electrónica]. *Rev. Fitotec. Mex.* 40 (1): 73 – 81.

- Magalhaes, Amade. M., Auke Postma, J. y Paul Lynch, J. (2015). Phene Synergism Between Root Hair Length and Basal Root Growth Angle for Phosphorus Acdquisition. *Plant Physiology*. 167: 1430-1439
- Marquina, M. E., González, N. E. y Castro, Y. (2011) Caracterización fenotípica y genotípica de doce rizobios aislados de diversas regiones geográficas de Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 59:1017-1036.
- Mcauslane, H.J., Cheng, J., Carle, R.B., y Schmalstig, J. (2004). Influence of *bemicia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) infestation and squash silverleaf disorder on zucchini seedling growth. *Journal of Economical Entomology*, 97(3): 1096-1105.
- Mena, C.J. y Velásquez, V.R. (2010). Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Folleto Técnico No. 24. Aguascalientes, Ags., México. 9-14p.
- Mendoza, F. (1978). Sistemática de los insectos. Segunda parte. Editorial Pueblo y Educación. Plaza de la Revolución. La Habana Cuba.140p.
- Méndez- Aguilar, R., Reyes-Valdés, M.H. y Mayek-Pérez, N. (2013). Avances y perspectivas sobre el mapeo genético de la resistencia a las pudriciones de la raíz en frijol común. *Phyton* 82:215-226.http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol82/MENDEZ_AGUILAR.pdf
- Michel, A.A.C., Hernández, M.J., Toledo, A.R., Sabino, L.J.E. y Romero, R.T. (2020). Capacidad antagónica de *Trichoderma* spp. nativa contra *Phytophthora parasítica* y *Fusarium oxysporum* aislados de cultivos de Jamaica [versión electrónica]. *Revista fitotecnica mexicana*. 42(3).
- Miranda, I., del Toro, M., Sánchez, A., Ramírez, S., Baños, H., Suris, M., y Fernández, M. (2016). Coexistencia de *Empoasca* spp. (Cicadellidae: Typhlocybinae) y tisanópteros en *Phaseolus vulgaris* L. *Revista de Protección Vegetal*, 31(3):165-172.

- Mitra, A., y Lele, V.C. (1981). Morphological and nutritional studies on mango malformation fungus, *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. Indian Phytopathol. 34: 475-483.
- Montiel, G.L., Flores, G.F., Sánchez, G.B.M., Guzmán, R.S., Simpson, W.J., Cabral, E.M. y Mendoza, E.M. (2005). Especies de fusarium presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudrición, en cinco estados del centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología, 1 (23): 1-7.
- Mokobi F. (2021). *Fusarium* spp. Consultado el 26 de Marzo 2023. Recuperado de: <https://microbenotes.com/fusarium-spp/> Fecha de consulta: julio de 2020.
- Morales, S.M.E., Peña, V.C.B., García, E.A., Aguilar, B.G. y Kohashi, S.J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie [versión electrónica]. Agrociencia, 51(1).
- Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernandez de Soto. (1993). Descriptores varietales de Arroz, Frijol, Maíz y Sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT). 174 p.
- Navarrete, M.R., Acosta, G.J.A., Ibarra, P.F.J., Cuéllar, R.E.I. y Rosales, S.R. (2008). Bacteriosis común del frijol inducida por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* en el Altiplano Mexicano. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental Bajío. Celaya. Gto. Folleto científico. México. 36 p.
- Navarrete, M.R., García E.R., Acosta G.J. (1996). A non-genetic demonstration of a gene-for-gene relationship between *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *Phaseolus vulgaris*. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 35:40-41.
- Oliveira, Mrv., Henneberry, T.J. y Anderson, P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for *B. tabaci*. Crop Protection 20: 709-723

- Orduño, C.A. y Troyo, D.A. (2003). Morfología y desarrollo de frijol Tepari *Phaseolus acutifolius* A. Greis. Publicación de transferencia y divulgación No. 10. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Guerrero Negro.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Nuestras legumbres pequeñas semillas, grandes soluciones. Costa Rica. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Cultivos y productos ganaderos. Consultado el 26 de febrero 2023. Obtenido de, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Ortiz, M., Medina, R., Valdivia, R., Ortiz, A., Alvarado, S., y Rodríguez, J. (2010). Mosquitas blancas, plaga primaria de hortalizas en Nayarit. Rev Fuente, 5: 31-40.
- Polanco, M.J.C. (2008). Patogenicidad de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos sobre el complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) de Los Altos de Chiapas, México. Tesis. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Ramos, G.Y. (2011). Pentatómidos asociados al frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Fluctuación poblacional, preferencia varietal y afectaciones al cultivo. Tesis de maestría. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Provincia de Villa Clara, Cuba.
- Reitz, S.R., Gao, Y., y Lei, Z. (2013). Insecticide use and the ecology of invasive Liriomyza Leafminer Management. Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies, Stanislav Trdan, IntechOpen, DOI: 10.5772/53874. <https://www.intechopen.com/books/insecticides-development-of-safer-and-more-effective-technologies/insecticide-use-and-the-ecologyof-invasive-liriomyza-leafminer-management>

- Reitz, S.R. y Trumble, J.T. (2002). Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leafminer species in California. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 102: 101–113.
- Ríos, H.T.A., Varguez, A.U.C. y Evangelista, M.Z. (2021). Control biológico de *Fusarium oxysporum*, agente causal de la pudrición del cormo en gladiolo, mediante estreptomicetos [versión electrónica]. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(3).
- Romero-Cortes, T., López-Pérez, P.A., Ramírez-Lepe, M. y Cuervo-Parra, J.A. (2016). Modelado cinético del micoparasitismo por *Trichoderma harzianum* contra *Cladosporium cladosporioides* aislado de frutos de cacao (*Theobroma cacao*). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science, ex Agro-Ciencia* 31(3):32-45.
- Romero, R.O., Huerta, L.M., Damián, H.M.A., Domínguez, H.F. y Arellano, V.D.A. (2009). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 9 (2): 143-151.
- Saburido, A.M.S. y Herrera, E.A. (2015). El frijol en la era genómica. *Revista Digital Universitaria* [versión electrónica]. 16(2): 2-16.
- Sánchez, G.B.M., Espinosa, H.E., Villordo, P.E., Rodríguez, G.R. y Mora, A.M.A. (2017). Identificación molecular y evaluación antagónica *In vitro* de cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre hongos fitopatógenos de raíz en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Montcalm [versión electrónica]. *Agrociencia*, 51 (1).
- Sánchez, A.H. (1983). Etiología y daño de las pudriciones radicales del frijol en el Estado de Durango. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 57 p.

- Sánchez, G.B.M., González, F.F., Pons, H.J.L., Acosta, G.J.A., Cabral, E.M.A., Fraire, V.S., Simpson, J. y Rodríguez, G.R. (2006). *Fusarium lateritium*: Nuevo patógeno de la raíz de la raíz del frijol en México [versión electrónica]. *Agricultura técnica en México*, 3(32).
- Sandle, T. (2014). *Trichoderma*. En C.A. Batt y M.-L. Tortorello (eds.) *Encyclopedia of Food Microbiology*, London, UK. p. 644-646.
- Secretaría de Agricultura (SADER). (2020). Frijol, historia y sabor. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/frijol-historia-y-sabor?idiom=es>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). La importancia de la producción de frijol en México. Consultado el 04 de Marzo 2023. Recuperado de, <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-de-la-produccion-de-frijol-en-mexico>
- Secretaría de Economía. (2012). Análisis de la cadena de valor del frijol. Dirección General de Industrias Básicas.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por estado. Consultado el 10 de marzo 2023. Obtenido de, http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2016). Diversidad de frijol en México. Consultado el 28 de febrero 2023. Obtenido de, <https://www.gob.mx/snics/articulos/diversidad-de-frijol-en-mexico>
- Schaafsma, A.W. y Ablett, G.R. (1994). Yield loss response of navy bean to partial or total defoliation. *Journal of Production Agriculture*, 7: 202-205.
- Schoonhoven A. V., Gómez, L.A., y Valderrama, R. (1982). Descripción y daños de las plagas que atacan al frijol. Guía de estudio, 2ª ed. "Centro Internacional de Agricultura Tropical" (CIAT), Cali Colombia. Pags 21,22.

- Serrano, A. y Morón, M.A. (2017). Four new species of *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) from western Cuba. *Zootaxa* 4362(4): 575-583.
- Sharma, V., Salwan, R. y Sharma, P.N. (2017). The comparative mechanistic aspects of *Trichoderma* and probiotics: scope for future research. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 100:84-96.
- Shepard, M., Carner, G.R., Ooi, P.A.C. (2008). Pea leafminer (*Liriomyza huidobrensis*) (Blanchard, 1926). Disponible en: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5368095>
- Singh, S.P., Gepts, P. y Debouck, D.G. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379–396.
- Singh, S.P. y Schwartz, H.F. (2010). Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Science* 50:2199-2223. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.03.0163>
- Suárez, S., Ferriz, R., Campos, R., Elton, J., De la Torre, K., García, T. (2016). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. *CyTA-Journal of Food*.14(1): 131-137.
- Tamayo, M. P. J. y Londoño, M. E. (2001). Manejo integrado de las enfermedades y plagas del frijol. Manual de campo para su reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia (Colombia). Boletín Técnico N.º 10. 80 pp.
- Thaxter, R. (1889). A new American Phytophthora. *Bot. Gaz.* 14: 273-274.
- Torres-De la Cruz, M., Ortiz-García, C.F., Bautista-Muñoz, C., Ramírez-Pool, J.A., Ávalos-Contreras, N., y Cappello-García, S. De la Cruz-Pérez, A. (2015).

- Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86:947-961.
- Vanegas, J. (2017). Establecimiento de una hectárea de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad cargamanto rojo en el municipio de Rioblanco Tolima para la comercialización en grano seco [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=ingenieria_agronomica
- Vargas-Hoyos, H.A, y Gilchrist-Ramelli, E. (2015). Producción de enzimas hidrolíticas y actividad antagónica de *Trichoderma asperellum* sobre dos cepas de *Fusarium* aisladas de cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Revista Mexicana de Micología*, 42: 9-16.
- Viterbo A. y Horwitz B. A. (2010). Micoparasitismo. *Biología celular y molecular de hongos filamentosos* 676– 693 Borkovich K. A., Ebbole D. J. Washington: Sociedad Estadounidense de Microbiología.
- Weidner, S., Puhler, A. y Kuster, H. (2003). Genomics insights into symbiotic nitrogen fixation. *Curr Opin in Biotech*, (14): 200-205.
- Weir, B. S. (2006). The current taxonomy of rhizobia. New Zealand rhizobia website. <http://www.rhizobia.co.nz/taxonomy/rhizobia.html>.
- Xu, B.J. y Chang, S.K.C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 2: 159-166.
- Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R. y Mukherjee, P.K. (2016). Secondary metabolism in - chemistry meets genomics. *Fungal Biology Reviews* 30(2): 74-90.