

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO



Control de *Fusarium oxysporum* Schldt. agente causal de la pudrición de raíz en frijol *Phaseolus vulgaris* cv "Pinto saltillo" con extractos de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens*.

Por:

MARIA DEL PILAR FERNANDEZ MARTINEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Control de *Fusarium oxysporum* Schldl. agente causal de la pudrición de raíz en
frijol *Phaseolus vulgaris* cv "Pinto Saltillo" con extractos de *Argemone mexicana*
y *Hamelia patens*.

Por:

MARIA DEL PILAR FERNANDEZ MARTINEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. EPIFANIO CASTRO DEL ANGEL
Asesor Principal


M.C. ABIEL SANCHEZ ARIZPE
Coasesor


DRA. MA. ELIZABETH GALINDO CEPEDA
Coasesor


DR. ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (Corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar, o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación será perseguido o sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

M. del Pilar Fernández

Maria del Pilar Fernández Martínez

Firma y nombre.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por brindarme la oportunidad de seguir adelante, por el apoyo que me brindo con comida e internado, sin estos apoyos nada habría sido posible.

Al **Departamento de Parasitología** por brindarme los conocimientos necesarios en el área de entomología, fitopatología y malezas, esenciales para poder desarrollarme como profesionista en la especialidad.

Al Doctor **Epifanio Castro del Ángel** por brindarme sus conocimientos para poder terminar esta tesis.

A los profesores en el departamento que me brindaron atención y experiencias en distintas áreas.

A mis amigos, **Anthony Adame** e **Itzel Aidee Flores**, por acompañarme en el transcurso por la Universidad, por sus risas y apoyo, mis mejores deseos para ustedes.

A la licenciada **Dora Fuentes**, por darme la oportunidad de hacer uso del internado, por sus consejos y atenciones durante el tiempo que estuvo a cargo.

Al Ingeniero **Ismael Sosa** por apoyarme desde el comienzo en la Universidad, por haberme animado a seguir por este camino.

DEDICATORIAS

A **Dios** por nunca dejarme sola, por mostrarme el camino cuando lo necesitaba y por abrir una puerta cuando se cierra otra.

A mis padres, **Gaudencio Fernández** y **María Luisa Martínez**, que siempre confiaron en mí y en mis capacidades para llegar a mis objetivos, espero que sientan este logro como suyo.

A mis hermanas, **Mirna Edith** y **Laura Sofía**, por su compañía y apoyo incondicional, siempre estaré orgullosa de sus logros.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1. Justificación	3
2. Objetivo General.....	3
2.1. Objetivos Específicos.....	3
3. Hipótesis	3
2. Revisión de literatura	4
2.1. Origen y domesticación del frijol	4
2.2. Situación en México.....	4
2.3. Importancia económica.....	4
2.4. Morfología de <i>Phaseolus vulgaris</i>	4
2.5. Taxonomía del frijol (Linneo, 1753)	5
2.6. Condiciones edafoclimáticas	5
2.6.1. Temperatura.....	5
2.6.2. pH	6
2.6.3. Fotoperiodo	6
2.6.4. Precipitación.....	6

2.7. Fitopatógenos que afectan el cultivo	7
2.7.1. Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>)	7
2.7.2. Pudrición de la raíz y cuello (<i>Rhizoctonia solani</i>)	7
2.7.3. Mancha angular del frijol (<i>Phaeoisariopsis griseola</i>)	8
2.7.4. Pudrición carbonosa (<i>Macrophomina phaseolina</i>)	8
2.8. <i>Fusarium</i>	9
2.8.1. Taxonomía de <i>Fusarium</i> (Schltdl 1824)	9
2.8.2. Morfología	10
2.8.3. Condiciones óptimas para su desarrollo	10
2.8.4. Ciclo de vida de <i>F. oxysporum</i>	10
2.9. Manejo de la enfermedad	11
2.9.1. Control cultural	11
2.9.2. Control físico	12
2.9.3. Control químico	12
2.9.4. Control biológico	13
2.9.5. Control por extractos botánicos	13
2.10. Extractos vegetales	13
2.11. Argemone mexicana	14
2.11.1. Descripción botánica	14
2.11.2. Clasificación taxonómica (Linneo)	14
2.11.3. Importancia	15
2.11.4. Actividad antifúngica	15
2.12. Hamelia patens	16
2.12.1. Descripción botánica	16
2.12.2. Clasificación taxonómica (Jacquin, 1760)	16

2.12.3. Propiedades	17
2.12.4 Propiedades antifúngicas	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación del experimento	19
3.2. Obtención del material vegetal y biológico	19
3.3. Aislamiento del fitopatógeno	19
3.4. Purificación del fitopatógeno	20
3.5. Identificación del fitopatógeno	20
3.6. Obtención de los extractos vegetales	20
3.7. Actividad inhibidora del extracto sobre <i>Fusarium oxysporum</i> de los extractos acuosos y etanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i>	21
3.7.1 Variables evaluadas	22
3.7.2 Análisis estadístico	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Aislamiento e identificación del agente causal	23
4.2. Evaluación del crecimiento e inhibición de <i>Fusarium oxysporum in vitro</i> con extractos etanólicos y acuoso de <i>Hamelia patens</i> y <i>Argemone mexicana</i> . 23	
4.2.1. Inhibición in vitro del extracto etanólico estático de <i>A. mexicana</i> contra <i>F.</i> <i>oxysporum</i>	24
4.2.2. Crecimiento micelial in vitro de <i>F. oxysporum</i> en presencia del extracto de <i>A. mexicana</i>	24
4.2.3. Inhibición in vitro del extracto acuoso en movimiento de <i>H. patens</i> contra <i>F. oxysporum</i>	25
4.2.4. Crecimiento micelial in vitro de <i>F. oxysporum</i> en presencia del extracto de <i>H. patens</i>	26
5. CONCLUSIONES	28

6.	LITERATURA CITADA.....	29
7.	ANEXOS	36

ÍNDICE DE CUADROS

<u>Cuadro 1 Composición fitoquímica de extractos etanólicos y metanólicos de hojas de <i>Hamelia patens</i> (Fontanills et al., 2018).....</u>	<u>18</u>
<u>Cuadro 2. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> en medio de cultivo PDA con el extracto etanólico de <i>Argemone mexicana</i>.....</u>	<u>36</u>
<u>Cuadro 3. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso en movimiento de <i>Hamelia patens</i>.....</u>	<u>36</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Ciclo de <i>F. oxysporum</i> (Dweba et al., 2016)	11
Fig. 2	Caracterización de <i>Fusarium oxysporum</i>	23
Fig. 3	Porcentaje de inhibición in vitro en presencia del extracto <i>A. mexicana</i> (estático) a una dosis de 4,6,8 y 10L	24
Fig. 4	Crecimiento micelial en centímetros de <i>F. oxysporum</i> in vitro en presencia del extracto de <i>A. mexicana</i> (Estático) a dosis de 4,6, 8 y 10 L	25
Fig. 5	Porcentaje de inhibición in vitro de <i>F. oxysporum</i> en presencia del extracto de <i>H. patens</i> (movimiento) a dosis de 4,6,8 y 10L	26
Fig. 6.	Crecimiento micelial en centímetros de <i>F. oxysporum in vitro</i> en presencia del extracto de <i>H. Patens</i> estático a diferentes dosis	27

RESUMEN

El frijol es uno de los cultivos de mayor relevancia socioeconómica en México; no obstante, su producción es vulnerada por diversas fitopatologías de origen fúngico, bacteriano y viral, así como por plagas de insectos. Entre estas, el marchitamiento causado por *Fusarium oxysporum* destaca por su impacto negativo desde la etapa de plántula hasta la cosecha. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antifúngica *in vitro* de extractos de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana* para el control de este patógeno. Se emplearon extractos acuosos y etanólicos aplicados mediante la técnica de difusión en placa en dosis equivalentes a 4, 6, 8 y 10 L/ha. Se registró el crecimiento micelial cada 24 horas hasta que el grupo testigo completó la colonización de la placa, transformando los datos a porcentaje de inhibición. Los resultados indican un mayor efecto fungistático con el extracto acuoso de *H. patens* a dosis de 10 y 8 L/ha; por el contrario, el extracto etanólico de *A. mexicana* no mostró actividad inhibitoria frente a *F. oxysporum*.

Palabras clave: control *in vitro*; crecimiento radial; inhibición; difusión en placa; medio envenenado

1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos prehispánicos, el frijol (*Phaseolus vulgaris*) ha formado parte de los cultivos más encontrados en los sistemas productivos. Actualmente se cultiva en los 32 estados de la república (Ramírez-Jaspeado *et al.*, 2020).

Leguminosas como el frijol común, garbanzo, haba, lenteja y caupí están entre las más conocidas y consumidas en el mundo. Por su parte en México el frijol (*Phaseolus* spp.) es el de mayor producción y consumo. A nivel nacional, algunas variedades de frijol se han convertido en referentes en términos de rendimiento y calidad de su grano, como son “Pinto Saltillo”, “Mayocoba”, “Azufrado Higuera”, “Flor de Junio Marcela” y “Negro Jamapa” (Anaya López *et al.*, 2021).

En el país, el segundo en cuanto a mayor producción y consumo es el frijol de tipo pinto, solo después del frijol negro; se comercializa principalmente en la zona norte pero también se ha extendido a la región centro-occidente (Jiménez -Hernández *et al.*, 2018).

El frijol tipo pinto ha tenido una gran demanda en el país, principalmente en la región norte del país, por sus características de adaptabilidad y productividad la variedad Pinto Saltillo ha tenido gran aceptación por los productores debido a que no presenta oscurecimiento de la testa, razón por la que los consumidores prefieren esta variedad (Ríos *et al.*, 2019).

Siendo un cultivo de gran importancia en México, la atención también se centra en las enfermedades que afectan a la planta durante todo su desarrollo. Dichas enfermedades representan distintas amenazas significativas para una buena producción y para la seguridad alimentaria; pueden manifestarse síntomas visuales muy evidentes o de diversas formas y causan pérdidas significativas en la producción, rendimiento y calidad del grano (Espinoza y Castillo, 2024).

Para combatir dichas enfermedades hay diferentes métodos, como por ejemplo los fertilizantes biológicos que son productos con microorganismos y/o extractos como sustancia activa que provienen, actualmente, diferentes grupos de hongos, bacterias, algas y distintas especies de plantas. Entre los más usados en agricultura destacan los hongos formadores de micorrizas arbusculares y las bacterias promotoras del

crecimiento vegetal, denominadas PGPR por sus iniciales en inglés (Kloepper *et al.*, 1980).

Debido al porcentaje significativo de las enfermedades fúngicas, además del impacto negativo en costos de producción, muchos agricultores optan por agroquímicos tóxicos y perjudiciales tanto para la salud como para el medio ambiente. En busca de alternativas para el control de enfermedades y hongos fitopatógenos, ha surgido un creciente interés en soluciones naturales como los extractos vegetales y aceites esenciales (Morales *et al.*, 2023).

Los extractos botánicos son derivados de plantas que contienen una variedad de sustancias y propiedades que pueden actuar de distintas formas para controlar o inhibir el crecimiento del patógeno (Morales *et al.*, 2023).

El grupo de hongos pertenecientes al género *Fusarium* están ampliamente distribuidos tanto en suelo como en las plantas, son considerados oportunistas y soportan temperaturas de hasta 37°C; Vistos al microscopio, se pueden observar sus características morfológicas como la fiálide que es generalmente fina con forma de botella, puede ser simple o ramificada. En cuanto a los macroconidios tiene forma de medialuna, hialinos y septados. Para su propagación hay diversos medios que permiten su crecimiento; entre ellos, agar papa dextrosa (PDA), agar clavel (CLA) y otros. El agar clavel permite observar, en detalle, la morfología de los macroconidios (Tapia y Amaro, 2014).

1. Justificación

El frijol al ser un cultivo básico es de gran importancia para todo el país, el cultivo está expuesto a distintas enfermedades fúngicas que pueden alterar el bien desarrollo de las plantas, por lo que continuamente se buscan alternativas para inhibir los hongos que causan las enfermedades sin tener muchas repercusiones al medio ambiente o a los suelos.

2. Objetivo General

Control de *Fusarium* sp con extractos de *Argemone mexicana* y de *Hamelia patens* bajo condiciones *in vitro*.

2.1. Objetivos Específicos

- 2.1.1. Aislar e identificar a *Fusarium* sp de plantas de frijol de Buenavista Saltillo, con síntomas de marchitez y crecimiento reducido.
- 2.1.2. Probar el efecto inhibitorio *in vitro* de extractos crudos de *A. mexicana* y *H. patens* (acuosos) mediante la prueba de difusión en placa sobre el hongo *Fusarium*.

3. Hipótesis

Se espera que al menos un extracto inhiba el crecimiento en condiciones de laboratorio en al menos un 50%.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y domesticación del frijol

Varias investigaciones coinciden en que el origen del frijol es en Mesoamérica, específicamente en México, desde el estado de Jalisco hasta el estado de Oaxaca, es considerado uno de los tres cultivos principales en ser domesticados en Mesoamérica (maíz, calabaza y frijol) (Hernández López *et al.*, 2013).

2.2. Situación en México

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es el segundo cultivo más importante en México, después del maíz por la superficie sembrada; sin embargo, de acuerdo con datos oficiales, en las últimas décadas han disminuido la superficie y producción, lo cual puede estar relacionado con la variabilidad del clima, en especial de la precipitación, en los ciclos de producción primavera-verano y otoño-invierno (Prieto Cornejo *et al.*, 2019).

2.3. Importancia económica

En el país, el frijol genera alrededor de 13 mil millones de pesos por año; en 2021, se cosechó en el país más de un millón doscientos mil toneladas de frijol de los cuales el 35% se obtuvo en el estado de Zacatecas (SADER, 2022).

2.4. Morfología de *Phaseolus vulgaris*

La planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie herbácea perteneciente a la familia *Fabaceae*. En la planta de frijol los tallos son delgados y débiles, a veces rayados

de púrpura. Sus hojas son trifoliadas, con laterales más o menos tubulosos y ápice acuminado. Con una altura máxima de 50 a 70 cm. En la raíz encontramos el pivotante principal y muchas ramificaciones. En cuanto al fruto, este es en forma de vaina la cual se encuentra suavemente curvada y es dehiscente. La vaina llega a medir de 10 a 12 cm y suele ser de color verde. Dentro se desarrollan las semillas que pueden ser oblongas, ovales o redondeadas, según la variedad. Las semillas son de color café o negro, o moteadas en tonos café, rojo o negro (SIAP, 2016).

2.5. Taxonomía del frijol (Linneo, 1753)

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Phaseolus*

Especie: *vulgaris*

CV: Pinto Saltillo

2.6. Condiciones edafoclimáticas

2.6.1. Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo depende de la variedad con la que se esté trabajando, existen aquellas de climas templados que tienen resistencia a las bajas temperaturas de los tropicales y otras de climas secos que son más resistentes a las altas temperaturas, como generalidad podemos tomar un rango óptimo de temperatura de los 18° C a los 25 °C, ampliándolo hasta de 5°C a los 35°C; no es recomendable los cambios bruscos de temperatura, como cuando existen grandes diferencias de temperatura durante el día y la noche ya que reducen el desarrollo reproductivo del frijol (Ávila *et al.*, 2014).

2.6.2. pH

El pH adecuado fluctúa entre 6.5 y 7.5. Se comporta bien en terrenos con un pH de 4.5 a 5.51 (SIAP, 2016).

2.6.3. Fotoperiodo

El fotoperiodo del frijol es muy sensible y varía en diferentes circunstancias que pueden estar relacionadas con la adaptabilidad del cultivo a las condiciones ambientales como temperatura y agua. En la etapa de floración y madurez del frijol se pueden evaluar la respuesta adaptativa de las diferentes variedades de frijol al fotoperiodo (Rosales Serna *et al.*, 2001).

2.6.4. Precipitación

Durante todo el ciclo del cultivo, el frijol requiere un suministro de agua regular y a su vez moderado, se recomiendan precipitaciones alrededor de 300 a 500mm distribuidas en todo el ciclo, debemos tener en cuenta que las sequías prolongadas o el exceso de lluvias son perjudiciales para el buen desarrollo del cultivo (Bastida Cañada, 2024).

2.7. Fitopatógenos que afectan el cultivo

2.7.1. Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

En condiciones óptimas para el hongo, pueden existir pérdidas totales, puede presentarse en tallos, hojas, peciolo, vainas y semillas. Por el envés de las hojas se pueden ver venas quemadas y de color rojizo oscuro, en las vainas es donde se pueden ver los síntomas más evidentes que tiene la enfermedad debido a que se pueden presentar manchas redondas, hundidas y con bordes color rojizo (SICTA, 2008).

La enfermedad se presenta, principalmente en altitudes por arriba de los mil metros y con temperaturas frescas (13-26°C, óptimo de 17°C), además de una alta humedad relativa con lluvias moderadas y frecuentes que favorecen el desarrollo del patógeno; estas condiciones hacen que, en el país, México, este presente en casi todas las regiones productoras de frijol (Escalante Estrada *et al.*, 2022)

En frijol la enfermedad ataca desde la primera etapa del cultivo, en sus primeras hojas hasta su etapa de producción, apareciendo en la parte inferior a lo largo de las venas como lesiones pequeñas de color rojizo oscuro (Espinoza y Castillo, 2024).

2.7.2. Pudrición de la raíz y cuello (*Rhizoctonia solani*)

Es un patógeno radicular necrotrófico que causa la pudrición de raíces, semillas, tallos, ramas, vainas, costra negra, tizón de plántulas, así como el “damping off”; este hongo es habitante natural del suelo (Betancourth *et al.*, 2023).

La enfermedad puede ser monocíclica o policíclica, puede sobrevivir en forma de esclerocios en el suelo y se puede dispersar con la lluvia, el agua de riego y herramientas que se contaminaron con el suelo infectado (Fuentes, 2016).

2.7.3. Mancha angular del frijol (*Phaeoisariopsis griseola*)

Con esta enfermedad la planta puede sufrir daños en cualquier parte aérea desde las hojas, flores y vainas, en estas últimas se forman manchas de color café con los bordes definidos que son redondeadas. Este hongo produce conidióforos oscuros y conidios uni o multicelulares, pertenece a la clase de los Ascomycetes (Buriticá *et al.*, 2019).

Si las condiciones climáticas le son favorables, *P. griseola* puede reducir la cosecha de frijol hasta en un 80%, es de amplia y fácil propagación además de ser una enfermedad endémica del frijol. En las hojas infectadas aparecen manchas que se limitan a las nervaduras y se originan por el envés, más tarde se convierten en lesiones grisáceas y después a un color marrón (Zavala *et al.*, 2024).

En las vainas, se presentan manchas de forma circular y en el envés pueden llegar a observarse estructuras alargadas como bastones de un tono grisáceo, en contraste con *C. lindemuthianum*, que se presenta con lesiones marrones y que progresivamente se va oscureciendo (Hidalgo *et al.*, 2025).

2.7.4. Pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*)

Afecta principalmente a los cultivos de frijol común, ajonjolí, sorgo y soya, en los cuales causa daños significativos. En el caso de frijol ataca a la planta en condiciones de sequía y de altas temperaturas, pero también se ha observado en zonas tropicales. Los síntomas típicos que causa el patógeno incluyen la aparición de lesiones oscuras e irregulares, marchitez, clorosis sistémica, madurez temprana o muerte de plantas adultas (Mayek *et al.*, 2001).

El agente causal, *M. phaseolina*, es polífago y se alimenta de más de 500 especies vegetales, incluyendo malezas. Se caracteriza por sus estructuras de resistencia que se conocen como microesclerocios, son globosos, muy pequeños y de color negro que es de donde obtiene su nombre. Las plantas afectadas pierden vigor y tanto las hojas como

los pecioloos toman color clorótico, se marchitan de forma abrupta y mueren, el patógeno logra sobrevivir en suelo seco durante varios años (Barni y Cantone, 2022).

2.8. *Fusarium*

En los hospedantes, este hongo genera una serie de afecciones que originan considerables pérdidas económicas, es un hongo cosmopolita, son septados y conidióforos característicos. Son considerados como hongos de campo debido a las muchas enfermedades que causan en los cultivos. El hongo puede sobrevivir en el suelo en su forma de micelio o como esporas y si se encuentra cerca de una planta hospedera puede iniciar a infectar desde las raíces (Villa *et al.*, 2014).

Como características de este hongo en medios *in vitro* podemos encontrar tres tipos de esporas asexuales, los microconidios son las más comunes, hialinos, con forma elipsoide a cilíndrica y se desarrollan en conidióforos poco ramificados. Los macroconidios, por otra parte, se desarrollan en los esporodocios de color naranja pálido y suelen ser abundantes en agar papa dextrosa con hojas de clavel. Y finalmente las clamidosporas que se forman igualmente en medios PDA con hojas de clavel de una manera más rápida que en otros medios, pueden formarse de manera individual o en pares y de tamaño varía de 5 a 15 μm (Rangel-Rodríguez *et al.*, 2023)

2.8.1. Taxonomía de *Fusarium* (Schltdl 1824)

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *oxysporum* Schltdl

2.8.2. Morfología

Tiene macroconidios en forma de canoa o de medialuna, hialinos y septados, estos son ausentes en algunas especies. La fiálide tiene forma de botella y es, generalmente fina; cortas o largas; ramificadas o simples; polifialídica o monofialídica. Las clamidosporas poseen una doble pared gruesa puede ser lisa o rugosa y se encuentran en grupo o de manera aislada (SENASICA, 2020).

2.8.3. Condiciones óptimas para su desarrollo

Fusarium oxysporum ocasiona grandes pérdidas económicas, principalmente en regiones de clima cálido que es en donde tiene mayor incidencia y en suelos de textura arenosa. Los daños se pueden agravar cuando el cultivo presenta estrés hídrico en etapas como floración y fructificación (Carrillo *et al.*, 2003).

En cuanto de temperatura, el patógeno se desarrolla mejor en climas cálidos, con temperaturas de entre 23 a 28° C, optimo 25° C, con una humedad relativa que varía ente el 74% al 80% (Ramos *et al.*, 2017)

2.8.4. Ciclo de vida de *F. oxysporum*

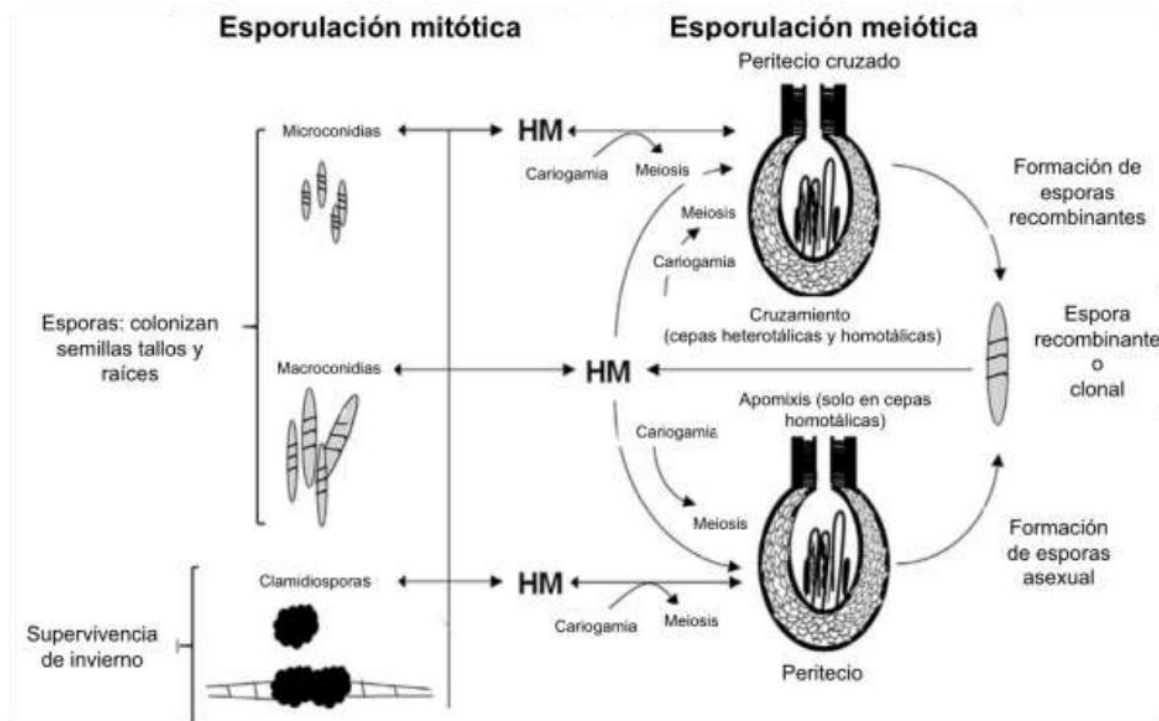


Fig. 1 Ciclo de *F. oxysporum* (Dweba et al., 2016)

2.9. Manejo de la enfermedad

Existen diferentes métodos de control que nos ayudan a tener un cultivo sano y evitar la presencia de patógenos, algunos pueden ser más efectivos que otros, además de distintas ventajas y desventajas que los diferencian, como el precio o las repercusiones que tienen en el medio ambiente.

2.9.1. Control cultural

Son, principalmente, prácticas que nos ayudan a prevenir la infección de la enfermedad, por ejemplo, mantener un pH entre 6.5 y 7.5, en la siembra las plantas deben de estar elevadas para evitar el encharcamiento. Para mejorar las características del suelo y modificar su porosidad se recomienda el arado profundo que aumenta la oxigenación

además de acelerar la descomposición de residuos vegetales (Vásquez y Castaño, 2017).

Otras prácticas de control cultural son:

- Elección de buena semilla para evitar la introducción del patógeno.
- Rotación de cultivos, para evitar la propagación del hongo.
- Evitar estancamientos de agua, mal drenaje y la compactación del suelo.
- Eliminar material vegetal infectado.
- Limpiar y desinfectar herramientas y equipos.

(SENASICA, 2020)

2.9.2. Control físico

Algunas investigaciones señalan que se pueden utilizar tratamientos de agua caliente después de la cosecha, pero antes de almacenamiento y de la resiembra, lo que se conoce como termoterapia a una temperatura recomendada de 53°C por 10 minutos (Salinas, 2009).

Además de utilizar la solarización que consiste en tener una capa protectora de plástico transparente para aumentar la temperatura del suelo a temperaturas de entre 36° y 50° C mediante la radiación solar lo que controla a el hongo y favorece a la plata porque produce cambios en la población microbiana; la efectividad de este método depende de la duración del día, la intensidad solar, las características del plástico y el tipo de suelo (Rubio *et al.*, 2023).

2.9.3. Control químico

Se han utilizado diferentes fungicidas para la inhibición del crecimiento del micelio de *Fusarium oxysporum* como Benzimidazoles (Carbendazim, tiabendazol y tiofanato metilo), Triazoles (tebuconazol) y Ditiocarbamato (mancozeb). De ellos se comprobó que en promedio de tres dosis estudiadas tebuconazol tiene mayor eficacia *in vitro* (Yossen y Conles, 2014).

2.9.4. Control biológico

Flores Bernardo, (2023) nos dice que existen organismos, que ya sea combinados o solos, poseen la capacidad de disminuir o inhibir los efectos causados por hongos fitopatógenos en el cultivo, pero todo va a depender de como sea el proceso de interacción entre el organismo biocontrolador con el ambiente, la planta y el patógeno.

Por ejemplo, el uso de hongos endófitos que tienen como objetivo prevenir enfermedades o reducir los síntomas en caso de que ya se presente la enfermedad para evitar que el patógeno siga avanzando, controlando así la enfermedad antes o después de presentarse (Galindo *et al.*, 2023).

2.9.5. Control por extractos botánicos

Buscando el equilibrio entre ambiente, producción y hombre, en los últimos años se han desarrollado nuevos conceptos donde el impacto sea bajo o nulo en el ambiente y en el cultivo, entre ellos está el uso de extractos vegetales para el control de plagas agrícolas. Extractos de plantas y semillas se han utilizado de manera ancestral en distintas culturas y regiones mucho antes de la aparición de los plaguicidas sintéticos (Molina, 2001).

2.10. Extractos vegetales

Desde la antigüedad las plantas han sido utilizadas por el hombre de distintas maneras, como alimento, medicina, vivienda y vestido. Existen controladores que se han obtenido de algunas plantas y sus derivados, los cuales mostraron sus efectos contra ácaros, roedores, nematodos, bacterias, virus, hongos e insectos. Los extractos de las plantas son fundamentales en el control biológico de enfermedades, esta práctica es ampliamente conocida y, hasta la fecha, sigue siendo objeto de investigación (Celis *et al.*, 2008). Cortez Narváez, (2025) nos menciona que algunas de las especies vegetales más usadas en el control de patógenos son: el ajo (*Allium sativum*), higuera (*Ricinus communis*) y gobernadora (*Larrea tridentata*)

Para la preparación de los extractos naturales han sido utilizadas distintas partes de las plantas como raíces, hojas, flores y semillas de donde se obtienen sustancias que interfieren en el metabolismo de insectos como rotenóides, piretroides, alcaloides y terpenoides (Jozivan *et al.*, 2008).

2.11. *Argemone mexicana*

2.11.1. Descripción botánica

Comúnmente conocida como “chicalote amarilla”, la *Argemone mexicana* L. alcanza una altura de 1m aproximadamente, su tallo, de un color verdeazulado, tiene numerosas espinas firmes y punzantes, las hojas son alternas, sésiles, elípticas y lobuladas transversalmente, los lóbulos se parten solo hasta la mitad y de cada uno sale una espina en el ápice. En cuanto a las flores, estas poseen tres sépalos con espinas en el ápice y 6 pétalos amarillos, el fruto es una cápsula con espinas son redondos y negros. La raíz es pivotante (Vibrans *et al.*, 2009).

2.11.2. Clasificación taxonómica (Linneo)

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Papaverales

Familia: Papaveraceae

Género: *Argemone* L.

Especie: *mexicana* L.

2.11.3. Importancia

A. mexicana ha tenido una gran popularidad los últimos años debido a sus propiedades medicinales, tiene actividad antimicrobiana, antidiabética, antioxidante y hepatoprotectora. Es utilizado en el tratamiento de verrugas, herpes labial, picazón, llagas e infecciones cutáneas. Por si fuera poco, la planta se utiliza para curar tos ferina, bronquitis, lepra e ictericia (Lekhya y Bhaskara, 2012).

2.11.4. Actividad antifúngica

Ha sido reportada la actividad antifúngica de esta planta tanto para extractos crudos como para componentes químicos aislados de los cuales se destacan: alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenoles, unos pocos compuestos aromáticos (Hernández *et al.*, 2022).

Ruiz Carpio, (2023) reportó que tiene un alto potencial inhibitorio contra el crecimiento del hongo *Botrytis cinerea*, responsable del moho gris en el cultivo de la fresa además de que después de abierta la caja Petri, el extracto mantuvo su efecto hasta 40 días después. Por otro lado existen casos donde pierde su efectividad al paso del tiempo

como los resultados que se obtuvieron con un extracto a base de alcohol de *A. mexicana* a una dosis de 3L/Ha contra el patógeno *Alternaria alternata* que perdió su efecto después de 11 días (Calderón, 2023).

Ramírez-González (2024), reporta que *A. mexicana* tiene efectos inhibitorios sobre algunos hongos que afectan al cultivo del ajo, teniendo un mayor porcentaje de inhibición sobre el hongo *S. rolfsii*, causante de la podredumbre del tallo, cuello y raíz del ajo con 81.2% de inhibición desde la concentración de 15.7mg/ml y siendo la concentración más efectiva la de 29.7mg/ml con una inhibición del 100%.

Además, algunas pruebas en laboratorio han demostrado que el resultado varía dependiendo del solvente que se utilice con el extracto, como menciona Diaz- Fernández (2023) al ser utilizado un extracto etanólico se mostró poco efecto inhibitorio sobre el patógeno *F. oxysporum*, pero aun así tuvo un mejor efecto que un extracto metanólico.

2.12. *Hamelia patens*

2.12.1. Descripción botánica

Es un arbusto conocido como “Coralillo” puede llegar a tener hasta 7 m de alto, tiene hojas y estípulas que son como hojillas triangulares, las hojas son opuestas y en el tallo entre 2 hojas continuas hay una estípula, los peciolo son de distinto tamaño, la inflorescencia se produce en la punta de las ramas; sus ejes, generalmente se dividen en dos y están arqueados, sus flores pueden ser anaranjadas, rojas o de color amarillo oscuro, poseen cáliz acampanado y terminan con 5 muy pequeños dientecillos triangulares. Tiene fruto carnoso, color rojo, globoso y negro al madurar con hasta 1.3 cm de largo (Vibrans *et al.*, 2009).

2.12.2. Clasificación taxonómica (Jacquin, 1760)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Rubiaceae

Género: *Hamelia*

Especie: *patens*

2.12.3. Propiedades

H. patens se utiliza en la medicina tradicional, dado que cuenta con componentes bioactivos importantes como alcaloides oxindol, fenólicos y flavonoides, los cuales provocan un efecto antiinflamatorio, analgésico, antidiarreico, antidepresivo, antihelmíntico, hepatoprotector, antiurolítico, cicatrizante y muchos otros (Noor *et al.*, 2020)

H. patens, según estudios contiene diferentes metabolitos como esteroides, saponinas, alcaloides, flavonoides y polifenoles. Además de que posee propiedades antibacterianas y antimicóticas contra diferentes variedades de hongos y bacterias a nivel *in vitro*. (Rodríguez-Navarro, 2022).

2.12.4 Propiedades antifúngicas

Se ha comprobado su eficacia del 13.32 hasta el 98.12% con extractos metanólicos de *H. patens* sobre el hongo *R. solani*, causante de la costra negra en el cultivo de la papa, siendo la concentración de 800mg/L el que tuvo una mayor eficacia y en extractos acuosos se obtuvo una inhibición del 75.7 hasta el 84.7% del mismo hongo, los resultados más efectivos se obtuvieron en la concentración de 700mg/L (Rodríguez-Navarro, 2022)

También se ha reportado un efecto antifúngico para *A. alternata*, el extracto metanólico de *H. patens* que presento un porcentaje de inhibición del 69.8% en la concentración de 50,000ppm, a diferencia del extracto en alcohol con la misma concentración que fue de un 52.96% y en extracto acuoso la inhibición varía de acuerdo con las concentraciones desde un 3.3% al 97% (Rosales-Faustino, 2023)

En el Cuadro 2 podemos observar algunos de los compuestos que contienen las hojas en dos diferentes solventes.

Cuadro 1 Composición fitoquímica de extractos etanólicos y metanólicos de hojas de *Hamelia patens* (Fontanills et al., 2018)

Compuesto	Solvente	
	Metanol (90%)	Etanol (90%)
Fenoles solubles	Presente	No determinado
Fenoles ligados a la pared celular	Presente	No determinado
Azucares reductores	Presente	Presente
Flavonoides	Presente (+)	Presente (++)
Terpenos	Presente (++)	Presente (+++)
Esteroides	Presente (+)	Presente (+++)
Saponinas	Presente (+)	Ausente
Taninos	Presente (+++)	Presente (+++)
Cumarinas	Ausente	Presente (++)
Glucósidos cardiotónicos	Presente (+)	Presente (++)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

Los bioensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah.

3.2. Obtención del material vegetal y biológico

H. patens se colectó en la localidad de Chapopote, Chalma, Veracruz, México y en cuanto a la especie de *A. mexicana* fue colectada en los campos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuidando que las plantas no tuvieran daños por insectos o enfermedades para después ser trasladadas al Departamento de Parasitología en bolsas de papel.

El fitopatógeno se obtuvo de una muestra de varios tejidos de frijol pinto (raíces, hojas y vainas) que se encontraban en los campos de la Universidad.

3.3. Aislamiento del fitopatógeno

Bajo condiciones de estricta asepsia en una campana de flujo laminar, se obtuvieron explantes de los tejidos (raíz, hoja y vaina) que presentaban sintomatología de marchitez. Para la desinfección superficial, los fragmentos se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante 3 min, seguidos de tres lavados consecutivos con agua destilada estéril de 1 min cada uno, con el fin de eliminar residuos del desinfectante. Finalmente, los tejidos se secaron sobre papel absorbente estéril antes de su siembra en medio de cultivo.

3.4. Purificación del fitopatógeno

La purificación del fitopatógeno se realizó bajo condiciones de asepsia en una campana de flujo laminar. Se procedió a la transferencia de inóculos del aislamiento primario hacia placas con medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA), mediante la técnica de resiembra por punta de hifa. Este proceso se repitió hasta obtener cultivos monoconidiales y libres de contaminantes, asegurando la pureza de la cepa de *F. oxysporum*.

3.5. Identificación del fitopatógeno

Para la identificación taxonómica del hongo, se realizaron preparaciones temporales mediante la técnica de transferencia de micelio en portaobjetos, utilizando azul de lactofenol como agente de contraste. Las muestras se observaron bajo un microscopio óptico en los objetivos de 4X, 10X y 40X. La caracterización morfológica se basó en la observación de estructuras reproductivas, tales como macroconidios, microconidios y clamidosporas, empleando las claves taxonómicas y descripciones morfológicas reportadas por Leslie y Summerell (2006).

3.6. Obtención de los extractos vegetales

El material vegetal deshidratado de *H. patens* y *A. mexicana* fue pulverizado mediante trituración mecánica hasta obtener una consistencia polvosa fina y homogénea, almacenándose en frascos ámbar para prevenir su fotodegradación. Para la extracción, se pesaron 45 g de polvo vegetal y se suspendieron en 300 mL de solvente (etanol y agua destilada) en matraces de 500 mL.

Los matraces se sellaron con tapones de algodón y se protegieron de la luz con papel estraza. Los extractos acuosos se mantuvieron bajo agitación constante durante siete

días en una placa termoagitadora, mientras que los extractos etanólicos se procesaron mediante maceración estática por el mismo periodo. Transcurrido este tiempo, las mezclas se clarificaron mediante filtración al vacío utilizando un embudo Büchner con papel filtro Whatman No. 1. Finalmente, los extractos resultantes se trasvasaron a recipientes estériles y se conservaron en refrigeración hasta su uso.

3.7. Actividad inhibidora de los extractos acuosos y etanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* sobre *Fusarium oxysporum*

Para evaluar el efecto antifúngico, se añadió al medio Agar Papa Dextrosa (PDA) los extractos vegetales mediante la técnica de medio envenenado, logrando una distribución homogénea de los compuestos. Una vez solidificado el medio, se inoculó en el centro de cada caja Petri un disco de 5 mm de diámetro con micelio de crecimiento activo (cepa de 7 días de edad).

Se evaluaron cuatro concentraciones de los extractos vegetales, equivalentes a dosis de 10, 8, 6 y 4 L/ha, además de un testigo (PDA sin extracto). El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales se incubaron a 26 ± 2 °C. El crecimiento micelial se determinó cada 24 horas midiendo el radio de la colonia hacia los cuatro puntos cardinales, finalizando la evaluación cuando el testigo cubrió la totalidad de la superficie de la placa. Finalmente, los datos de crecimiento radial se transformaron a porcentaje de inhibición utilizando la fórmula propuesta por Salazar *et al.* (2012).

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{(\text{crecimiento micelial del testigo} - \text{crecimiento del tratamiento})}{\text{crecimiento micelial del testigo}} \times 100$$

Se estableció un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones para el extracto de *H. patens* debido a las diferentes concentraciones utilizadas. Para el caso de la especie *A. mexicana* se utilizaron cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada uno.

3.7.1 Variables evaluadas

La variable de respuesta evaluada fue el crecimiento radial del micelio bajo la influencia de los extractos botánicos a distintas concentraciones. Este análisis se realizó con el objetivo de determinar la concentración mínima inhibitoria y cuantificar la eficacia de cada tratamiento biológico, identificando aquel con mayor capacidad supresora sobre el fitopatógeno.

3.7.2 Análisis estadístico

Los datos correspondientes al porcentaje de inhibición del crecimiento radial del hongo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se empleó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). El procesamiento y análisis de la información se realizó mediante el software estadístico SAS versión 9.0 para Windows.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Aislamiento e identificación del agente causal

El aislamiento del fitopatógeno se realizó a partir de plantas de frijol que exhibían sintomatología característica de marchitamiento, siendo identificado posteriormente como *Fusarium oxysporum*. De acuerdo con Torres (2000), este hongo se caracteriza por presentar colonias de crecimiento rápido y la producción de tres tipos de estructuras reproductivas: microconidios, macroconidios y clamidosporas.

La morfología de las colonias de *F. oxysporum* es altamente variable; estas pueden desarrollar un micelio abundante de consistencia algodonosa y coloración diversa, que oscila entre el blanco y el rosado durazno, con una escasa producción de microconidios. Alternativamente, existen variantes morfológicas que presentan un crecimiento micelial reducido pero con una producción profusa de microconidios (De Granada *et al.*, 2001).

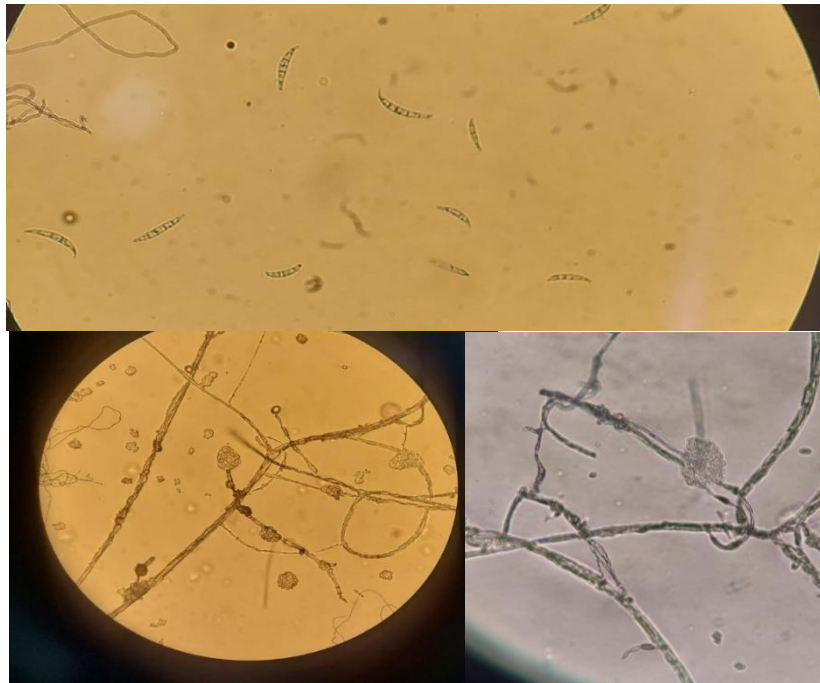


Fig. 2. Morfología de *Fusarium oxysporum*

4.2. Evaluación del crecimiento e inhibición de *Fusarium oxysporum* *in vitro* con extractos etanólicos y acuoso de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana*

4.2.1. Inhibición *in vitro* del extracto etanólico estático de *A. mexicana* contra *F. oxysporum*

Los bioensayos realizados con el extracto etanólico de *A. mexicana* (Figura 3) revelaron una baja eficacia biológica, con porcentajes de inhibición inferiores al 20% para todas las dosis. Este comportamiento es consistente con las observaciones de Díaz-Fernández (2023), donde el desarrollo de *F. oxysporum* no fue limitado por dicho extracto botánico.

En contraparte, Gómez (2023) documentó una alta sensibilidad de *R. solani* ante extractos acuosos de la misma planta, logrando una supresión casi total (90%) a 3700 ppm. Lo anterior sugiere que los metabolitos secundarios presentes en *A. mexicana* poseen una acción selectiva, siendo efectivos contra ciertos hongos del suelo como *Rhizoctonia*, pero mostrando una actividad nula o limitada frente al complejo de especies de *Fusarium* bajo las condiciones evaluadas en este estudio.

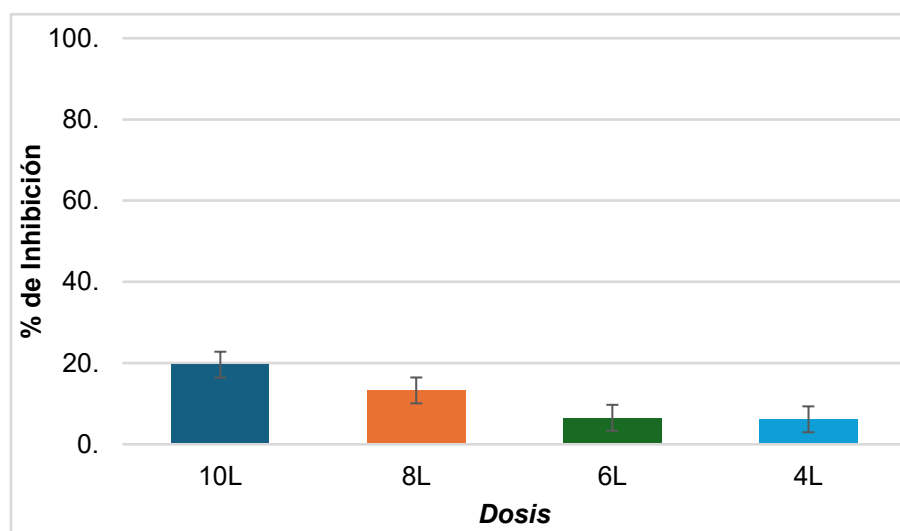


Fig. 3 Porcentaje de inhibición *in vitro* en presencia del extracto *A. mexicana* (estático) a diferentes dosis.

4.2.2. Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* en presencia del extracto de *A. mexicana* (Estático).

El comportamiento del crecimiento diario de *F. oxysporum* bajo la influencia de los extractos se detalla en la Figura 4. Se observa que los tratamientos con dosis de 4, 6 y 8 L/ha mostraron una cinética de desarrollo micelial similar entre sí. No obstante, la dosis de 10 L/ha indujo una reducción notable en la tasa de crecimiento diario en comparación con el testigo absoluto. Esta diferenciación en el crecimiento radial sugiere que la eficacia biológica del extracto es dosis-dependiente, alcanzando su mayor potencial inhibitorio en la concentración más alta evaluada

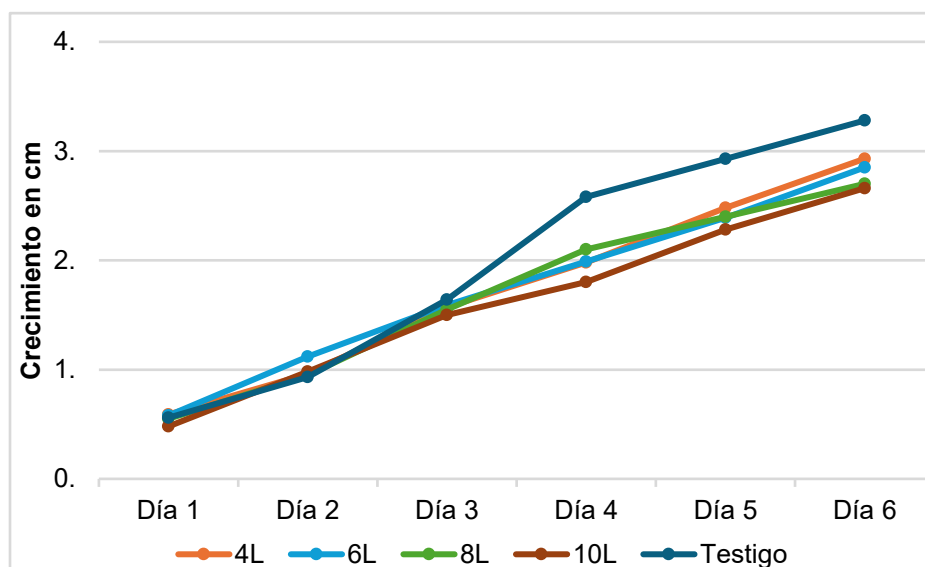


Fig. 4 Crecimiento micelial de *F. oxysporum* en presencia del extracto de *A. mexicana* a diferentes dosis.

4.2.3 Inhibición *in vitro* del extracto acuoso en movimiento de *H. patens* contra *F. oxysporum*

Por otra parte, la Figura 5 ilustra la inhibición de *F. oxysporum* ante las distintas dosis del extracto acuoso de *H. patens*. Los tratamientos de 4, 6, 8 y 10 L/ha exhibieron un efecto fungistático que osciló entre el 23% y el 40%. Estos valores resultan superiores a los reportados por Rosales (2023), quien al evaluar el control de *Alternaria alternata* con extracto crudo acuoso de *H. patens*, obtuvo niveles de inhibición significativamente menores (17.3% a 50,000 ppm y 12.3% a 35,714.28 ppm). Lo anterior sugiere que *F.*

oxysporum presenta una mayor sensibilidad a los compuestos secundarios de *H. patens* en comparación con otros hongos fitopatógenos.

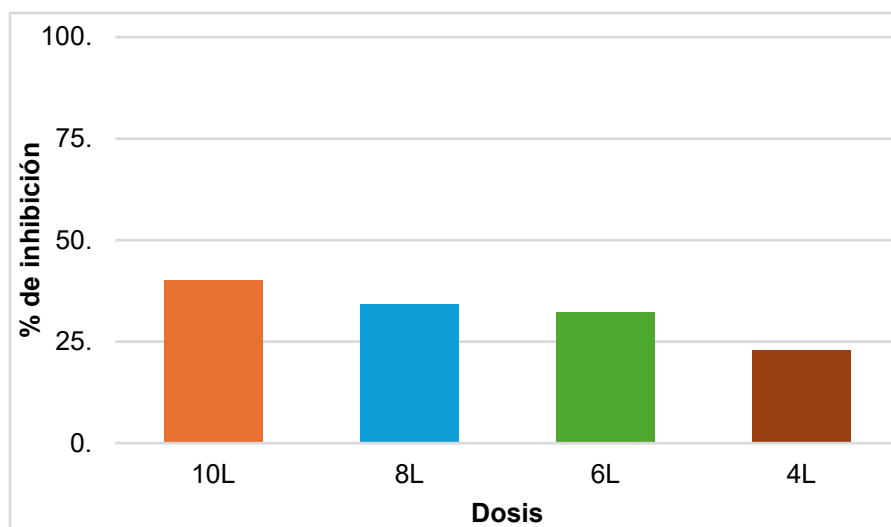


Fig. 5 Porcentaje de inhibición *in vitro* de *F. oxysporum* en presencia del extracto de *H. patens* (movimiento) a diferentes dosis

4.2.4. Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* en presencia del extracto de *H. patens* (estático)

La dinámica de crecimiento diario de *F. oxysporum* en respuesta al extracto de *A. mexicana* se presenta en la Figura 6. Se observa un fenómeno particular en las dosis de 4 y 6 L/ha, las cuales exhibieron una tasa de desarrollo micelial superior a la del testigo absoluto. En contraste, las dosis de 8 y 10 L/ha mostraron una inhibición progresiva en comparación con el control. Este comportamiento de estimulación a bajas concentraciones coincide con lo reportado por Calderón (2023), quien documentó una promoción del crecimiento *in vitro* de *Alternaria alternata* al emplear extractos de *H. patens* en dosis reducidas (2 L/ha). Este efecto sugiere que, en ciertas concentraciones,

los metabolitos secundarios podrían actuar como precursores metabólicos o estímulos para el desarrollo fúngico en lugar de ejercer una acción fungistática.

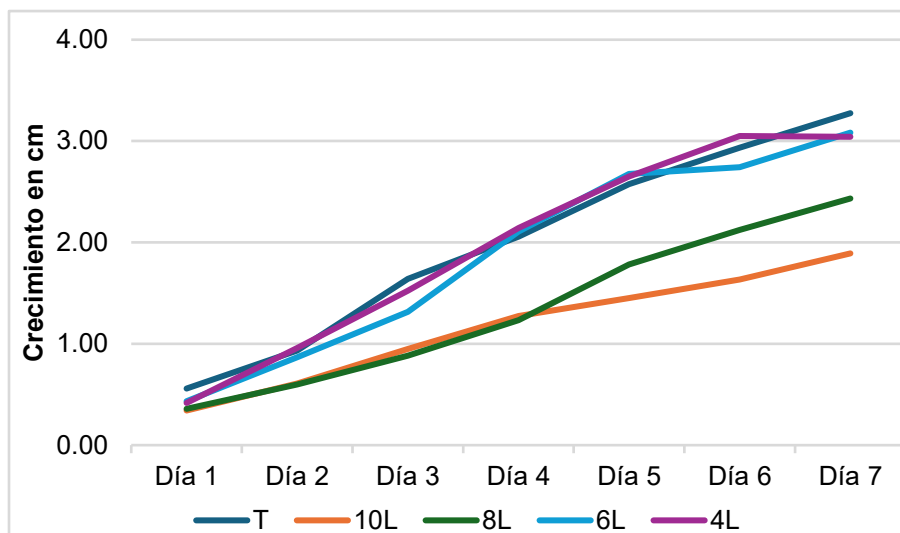


Fig. 6. Crecimiento micelial de *F. oxysporum* en presencia del extracto de *H. patens* estático a diferentes dosis.

5. CONCLUSIONES

Los bioensayos *in vitro* permitieron determinar que la eficacia de los extractos botánicos sobre *Fusarium oxysporum* está estrictamente ligada a la especie vegetal y a la concentración empleada. El extracto acuoso de *Hamelia patens* (obtenido mediante agitación) demostró ser el tratamiento con mayor potencial fungistático, alcanzando sus niveles máximos de inhibición en las dosis de 8 y 10 L/ha.

En contraste, los extractos etanólicos de *Argemone mexicana* (maceración estática) no mostraron resultados favorables en dosis bajas, aunque manifestaron una tendencia inhibitoria incipiente al incrementar la concentración. Por último, se identificó un efecto de pérdida de eficacia en las dosis bajas (4 y 6 L/ha) del extracto etanólico de *H. patens*, las cuales, tras una inhibición inicial en las primeras 24 horas, derivaron en una estimulación del crecimiento micelial. Lo anterior permite concluir que, para el control efectivo de *F. oxysporum*, es indispensable el uso de dosis iguales o superiores a 8 L/ha de extractos de *H. patens*.

6. LITERATURA CITADA

- Anaya López, J. L., Ibarra Pérez, F. J., Rodríguez Cota, F. G., Ortega Murrieta, P. F., Chiquito Almanza, E., & Acosta Gallegos, J. A. (2021). Leguminosas de grano en México: variedades mejoradas de frijol y garbanzo desarrolladas por el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas publicación especial número 25*.
- Ávila Miramontes, J., Ávila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martínez Heredia, D. (2014). *Agricultura unison*. Obtenido de El cultivo del frijol, sistemas de producción en el noroeste de México. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRIJOL.pdf>
- Bastida Cañada, O. A. (13 de Julio de 2024). *Clima, suelo y agua para la producción del cultivo del frijol*. <https://blogagricultura.com/clima-suelo-frijol/>
- Barni, S. L., & Cantone, A. B. (2022). *Biocontrol de Macrophomina phaseolina, agente causal de la podredumbre carbonosa de la soja, con endófitos fúngicos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Betancourth, C. A., Sañudo, B. A., Flórez, C. A., & Salazar, C. E. (2023). Alternativas para el manejo integrado de *Rhizoctonia solani* Kühn. *Información Tecnológica*, 34(3), 1-10.
- Calderón, J. (. (2023). Bioprotección de *Solanum lycopersicum* L. contra *Aternaria alternata* (Fr). Keissl. asociado a tizón temprano en invierno. *Tesis de licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 31.
- Carrillo Fasio, J. A., Montoya Rodríguez, T. d., García Estrada, R. S., Cruz Ortega, J. E., Márquez Zequera, I., & Sañudo Barajas, A. J. (julio-diciembre de 2003). *Razas de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici Snyder y Hansen, en Tomate en el valle de Culiacan, Sinaloa, Mexico*. Obtenido de Revista Mexicana de Fitopatología, 21(2).
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia *Piperaceae* una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26 (1), 98-103.

- Cortez Narváez, J. D., & Cerna Chávez, E. (2025). Evaluación de extractos botánicos para el control de hongos fitopatógenos en granos almacenados.
- Díaz Fernández, A. (Abril 2023). Extractos de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens* Para el Control de *Fusarium oxysporum* Schltdl Agente Causal de la Marchitez Vascular del Tomate *Solanum lycopersicum* L. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 28-30.
- Dweba, CC, Figlan, S., Shimelis, HA, Motaung, TE, Sydenham, S., Mwadzingeni, L. y Tsilo, TJ (2017). Fusarium de la espiga del trigo: Patogénesis y estrategias de control. *Crop Protection*, 91 , 114-122.
- ESCALANTE-ESTRADA, Y. I., ESCALANTE-ESTRADA, J. A. S., & SAMPER-ESCALANTE, L. D. (2022). Antracnosis en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *REVISTA FORO DE ESTUDIOS SOBRE GUERRERO*, 9(2), 1-7.
- Espinoza Bello, J. E., Castillo Moreno, F. M. (2024) Manual técnico para el manejo agronómico del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) *Universidad Nacional Agraria, Nicaragua*, 40.
- Flores Bernardo, I. (Diciembre 2023). Biocontrol in vitro de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon e Maubl. (*Botryosphaeriales: Botryosphaeriaceae*) del mango *Mangifera indica* L (*Sapindales: Anacardiaceae*). *Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro*, 12.
- Fontanills, Y., Valdiva Ávila , A., Camacho Campos, C., Matos Trujillo, M., Sosa del Castillo, M., & Pérez Hernández , Y. (2018). Composición fitoquímica y actividad antibacteriana de extractos de hoja de *Hamelia patens* Jacq. *Biotecnología Vegetal* 18(1), 37-45.
- Fuentes Aragón , D. (2016). Diagnóstico y manejo de la pudrición radicular del frijol ejotero . *Universidad Autónoma Chapingo*, 7.
- Galindo, L. S. F., & Mosquera, A. T. (2023). Biocontrol de *Fusarium* spp. en el cultivo de vainilla: Un nuevo modelo de estudio. *Temas agrarios*, 28(1), 95-114.

- Gómez Hernández, F. (2023). Extractos botánicos para el control de la costra negra de la papa *Rhizoctonia solani* en papa *Solanum tuberosum*. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 32-43.
- Hernández López, V. M., Vargas Vázquez, M. P., Muruaga Martínez, J. S., Hernández Delgado, S., & Mayek Pérez, N. (2013). ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DEL FRIJOL COMÚN. AVANCES Y PERSPECTIVAS. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36 (2), 95-104.
- Hernández Pérez, D., Díaz Castellanos, M., Quiñones Ramos, R., Santos Bermúdez, R., Portal González, N., & Herrera Isla, L. (2018). Control de *Rhizoctonia solani* en frijol común con rizobacterias y . *Revista Centro Agrícola*, 45(2), 55-60.
- Hernández Soto, I., Juárez Maldonado, A., Campos Montiel, R. G., Aguirre Álvarez, G., & Hernández Fuentes, A. D. (2022). Metabolitos secundarios de *Argemone mexicana* para el control de hongos fitopatógenos. *Boletín de ciencias agropecuarias del ICAP*, 8(15), 6-10.
- Hidalgo de los Santos, A. Y., Sanchez Ordoñez, A., Vázquez Cruz, L., Montejo Mendez, H. B., Torres Sauret, Q., Romero Ceronio, N., & Vilchis Reyes, M. Ángel. (2025). Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) en cultivo de frijol pelón (*Vigna unguiculata*): Experiencia de nuestro en Cárdenas, Tabasco. *Agro-Divulgación*, 5(3).
- Jiménez Hernández, Y., Montero Tavera, V., Anaya López, J. L., Jiménez Galindo, J. C., Herrera Hernández, G., Guerrero Aguilar, B. Z., & Acosta Gallegos, J. A. (2018). Salinas: nueva variedad de frijol pinto para áreas de temporal de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6).
- Jozivan do Nascimento, F., Diniz Filho, E. T., de Mesquita, L. X., de Oliveira, A. M., & Costa Pereira, T. F. (2008). Extractos Vegetales en el Control de Plagas. *Revista Verde (Mossoró-RN-Brasil)*, 3(3) 01-05.

- Kloepper, J. W., Leong, J., Teintze, M., & Schroth, M. N. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*, 286, 885-886.
- Lekhya, C., & Bhaskara, K. (2012). Ethanobotanical and current ethanopharmacological aspects of *Argemone mexicana* Linn:an overview, 3(1), 2143-2148.
- Leslie, JF y Summerell, BA (2008). *Manual de laboratorio de Fusarium* . John Wiley & Sons.
- Mayek Perez, N., Lopez Castañeda, C., Lopez Salinas, E., Cumpián Gutierrez, J., & Acosta Gallegos, J. (Noviembre-Diciembre de 2001). *Resistencia a Macrophomina phaseolina en frijol en condiciones comunes en México*. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30200608.pdf>
- Molina, N. (2001). Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades. *avances en el fomento de productos fitosanitarios No- Sintéticos*, 76-77.
- Morales, K. B., Pérez, A. C., Reyes, S. H., Aguilar, E. J., & Unda, S. B. (2023). Potencial antifúngico de extractos de plantas y aceites esenciales contra fusarium incarnatum. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 8(10), 534-551.
- Noor, G., Ahmad, M. A., Ahsan, F., Mahmood, T., Arif, M., y Khushtar, M. (2020). A phytuchemical and ethnopharmacological recapitulation on *Hamelia patens*. *Drug Research*, 70(05), 188-198.
- Prieto Cornejo, M. R., Matus Gardea, J. A., Gavi Reyes, F., Omaña Silvestre, J. M., Brambila Paz, J. J., Sánchez Escudero, J., & Marínez Damián, M. (2019). EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA DE FRIJOL E IMPACTO ECONOMICO DE LA . *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42 (2), 173-182.
- Ramírez-Gonzales R. A., (2024), Actividad Biológica del Extracto de *Crotalaria longirostrata* y *Argemone mexicana* para *Embellisia alli* Campanile, *Sclerotium rolfsii* Sacc. y *Fusarium oxysporum* Schltdl. en el Cultivo del Ajo, 26.

- Ramírez-Jaspeado, R., Palacios-Rojas, N., Nutti, M., & Pérez, S. (2020). ESTADOS POTENCIALES EN MÉXICO PARA LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO . *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43, 11-23.
- Ramos Quintana, Fernando, Bautista Hernández, Antonio, & Sotelo Nava, Héctor. (2017). Relación de la temperatura y humedad relativa con el brote del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 713-720.
- Rangel-Rodríguez, L. S., Pérez-Silva, A., Zavala-Guevara, M. D. J., Hernández-Juarez, A. G., & Hernández-Ruiz, J. (2023). Aislamiento e identificación de *Fusarium oxysporum* obtenido de cultivos de *Solanum lycopersicum* en Irapuato, Guanajuato. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21, 1-4.
- Ríos, J. Á., Reveles Hernández, M., Ramírez Cabral, N. Y., & Alcalá Rico, J. S. (s.f.). MADUREZ FISIOLÓGICA DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL TIPO PINTO EN DOS . *IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas*, 189.
- Rodríguez Navarro, M. (2022). Actividad Inhibidora in vitro de Extractos de *Hamelia patens* Jacq (Rubiaceae) Sobre *Rhizoctonia solani* Kühn (Ceratobasidiaceae). *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 25.
- Rosales Faustino, A. (2023). Desarrollo de una biopelícula protectora de *Hamelia patens* para alargar la vida de anaquel de tomate contra *Alternaria alternata*. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 32-34.
- Rosales Serna , R., Ochoa Márquez, R., & Acosta Gallegos, J. A. (2001). Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia*, 35(5), 513-523.
- Rubio, L., Bernal, R., Arbolea, J., & Maeso, D. Capítulo 5 Alternativas para el manejo de patógenos. *Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay a las trayectorias agroecológicas*, 95.

- Ruiz Carpio, L. D. (Mayo, 2023). Actividad Biológica de Extractos de *Argemone mexicana* Sobre El Moho Gris de la Fresa *Botrytis cinerea* Pers. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 38.
- SADER. (2022). SADER. Obtenido de La importancia de la producción de frijol en México: [gob.mx\(www.gob.mx\)](http://gob.mx/www.gob.mx)
- SENASICA. (2020). *Fusarium spp.* Dirección General de Sanidad Vegetal, 04-11.
- SIAP. (2016). SIAP. Obtenido de Frijol Mexicano: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256428/B_sico-Frijol.pdf
- SICTA, R. (2008). *Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central*. Obtenido de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19167/CDNI21118007e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Slinas Salazar, H. J. (Diciembre de 2009). *Tratamientos Físicos, químicos y biológicos para el control de Fusarium oxysporum f. sp. gladioli y su efecto en el desarrollo del cultivo de gladiolo*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Tapia, C., & Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Retrato Microbiológico Rev Chilena Infectol*, 85-86.
- Ulloa, José Armando., Ulloa Petra Rosas., Ramírez Ramírez José Carmen., Ulloa Rangel Blanca Estela (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 5-9
- Vásquez Ramírez, L. M., & Castaño Zapata, J. (julio-diciembre de 2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) W.C. snyder & h.n. hansen): una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 20(2): 363-374
- Vibrans, H., Hanan Alipi, A. M., Mondragón Pichardo, J., & Teonorio Lezama, P. (2009). *Hamelia patens* Jacq. CONABIO.

- Vibrans, H., Mondragón Pichardo, J., & Tenorio Lezama, P. (2009). *Argemone mexicana*. CONABIO.
- Villa Martínez, A., Pérez Leal, R., Morales Morales, H., Basurto Sotelo, M., Soto Parra, J., & Martínez Escudero, E. (2014). Situación actual en el control de *Fusarium spp.* y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Universidad Autónoma de Chihuahua*, 195.
- Yossen, V. E., & Conles, M. Y. (2014). Eficacia de fungicidas in vitro para el control de *Fusarium oxysporum* y *F. proliferatum*, agentes causales de marchitamiento en el cultivo de oregano en Argentina. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán Tomo 91(1)*, 19-25. Obtenido de Rev.Ind y Agríc. de Tucumán 19(1).
- Zavala-Páramo, J., Acosta-Gallegos, J. A., Rodríguez-Vera, A. P., Guerrero-Aguilar, B. Z., Anaya-López, J. L., & Montero-Tavera, V. (2024). Identificación por marcadores moleculares de genotipos de frijol resistentes a mancha angular. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(8).

7. ANEXOS

Cuadro 2. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* en medio de cultivo PDA con el extracto etanólico de *Argemone mexicana*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	0.64310147	0.16077537	4.41	0.0201
Error	12	0.43747500	0.03645625		
Total	16	1.08057647			

Coeficiente de Variación: 6.586644%

Coeficiente de determinación: 0.64310147

Media: 0.16077537

Cuadro 3. Análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* en medio de cultivo PDA con el extracto acuoso en movimiento de *Hamelia patens*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	1.51725641	0.37931410	32.47	<.0001
Error	8	0.09346667	0.01168333		
Total	12	1.61072308			

Coeficiente de Variación: 4.710570%

Coeficiente de determinación: 1.51725641

Media: 0.37931410