

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Bioprotección de *Solanum lycopersicum* L. Contra *Alternaria alternata* (Fr). Keissl.  
Asociado a Tizón Temprano en Invernadero

Por:

**JOSÉ LUIS CALDERÓN ONTIVEROS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Bioprotección de *Solanum lycopersicum* L. Contra *Alternaria alternata* (Fr). Keissl.  
Asociado a Tizón Temprano en Invernadero

Por:

**JOSÉ LUIS CALDERÓN ONTIVEROS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

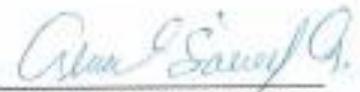
Aprobada por el Comité de Asesoría:



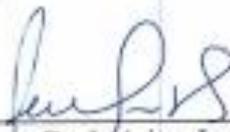
Dr. Epifanio Castro del Ángel  
Asesor Principal



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda  
Coasesor



M.C. Abiel Sánchez Arizpe  
Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2023

## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir 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 y 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



---

José Luis Calderón Ontiveros

Firma y Nombre

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme salud y las fuerzas para poder cumplir este sueño. Gracias por las personas que pusiste en mi camino a lo largo de mi carrera, las cuales fueron increíbles.

A mi **ALMA TERRA MATER** por mi formación como profesionista en la agronomía y regalarme amigos los cuales nunca imaginé conocer.

A mi asesor principal el **Dr. Epifanio Castro del Ángel** al que le agradezco dejarme trabajar en este proyecto con él, por su apoyo, por su atención, la confianza. Gracias por su amistad.

Mis ya hermanos **Aldo Díaz, Leyver Ruiz, Edilberto Gutiérrez, Saul Rodríguez, Aldahir Rosales, Edgar Muñoz**. A los cuales les doy gracias por su amistad, gracias por sus consejos y su apoyo.

**Aide y Ale** a quienes estimo mucho, gracias por su apoyo.

El **M.C. Abiel Sánchez Arizpe** por los comentarios al escrito y la revisión.

Al **Dr. Agustín Hernández Juárez** por la facilitación del equipo rotavapor el cual se requirió para la elaboración de los extractos.

A la **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por la revisión y comentarios en el escrito.

A **María Cristina “Cristy”** por su amistad, las atenciones brindadas y por todo su apoyo en el laboratorio durante el tiempo que estuve ahí.

## DEDICATORIAS

A mis padres:

**Agueda Ontiveros Patiño** y **José Luis Calderón Alvarado** a los que les agradezco todo su amor y todo su apoyo, gracias por darme la confianza para poder cumplir este sueño.

A mi madrina:

**Margarita Ontiveros Patiño** a quien considero como una segunda mamá y quien nunca me dejo solo, estando siempre que la necesite.

A mi hermana:

**Vianey Astrid Calderón Ontiveros** gracias por tus consejos y todos esos ánimos.

A mis tíos

Mi Padrino **Osvaldo, Javier, Joel, Gabriel, Roberto, Jaime** los cuales siempre han sido un ejemplo para mí y a los cuales les agradezco todo su apoyo y gracias por todos los consejos que me dan.

A mis tías:

**Leticia Ontiveros** y **Maira Garza** quienes me apoyaron siempre, gracias por todo.

A mi primo:

**Javier Abisaí Ontiveros Garza** a quien le doy las gracias por ayudarme a decidir sobre mi camino. Gracias por toda tu ayuda te lo agradezco.

A Toda Mi Familia, **GRACIAS POR TODO.....**

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIAS .....	V
INDICE DE CUADROS .....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Cultivo de tomate.....	4
2.2. Importancia del cultivo .....	4
2.3. Taxonomía del cultivo .....	5
2.4. Fenología del cultivo .....	6
2.5. Condiciones para el desarrollo del cultivo .....	6
2.6. Principales enfermedades de las plantas.....	6
2.6.1. Bacterias .....	6
2.6.2. Virus.....	8
2.6.3. Nematodos .....	8
2.6.4. Hongos y Oomicetos.....	8
2.7. <i>Alternaria solani</i> .....	10
2.7.1. Importancia económica del patógeno <i>Alternaria solani</i> .....	10
2.7.2. Taxonomía del patógeno <i>Alternaria solani</i> .....	11
2.7.3. Descripción morfológica de <i>Alternaria solani</i> .....	11
2.7.4. Diseminación del patógeno.....	11
2.7.5. Etiología y Epidemiología .....	11
2.7.6. Síntomas de la enfermedad .....	12
2.8. <i>Alternaria alternata</i> .....	12
2.8.1. Taxonomía del patógeno <i>Alternaria alternata</i> .....	13

2.8.2. Importancia económica del hongo <i>Alternaria alternata</i> .....	13
2.8.3. Agente causal y su diseminación de <i>Alternaria alternata</i> .....	13
2.8.4. Epidemiología .....	13
2.8.5. Etiología de <i>Alternaria alternata</i> .....	14
2.8.6. Sintomatología de la enfermedad.....	14
2.9. Medidas de prevención.....	14
2.9.1. Control químico .....	14
2.9.1.1. Desventajas del control químico .....	15
2.9.2. Control biológico .....	15
2.9.2.1. Ventajas del control biológico .....	16
2.9.3. Extractos vegetales.....	16
2.9.3.1. Género <i>Argemone</i> .....	16
2.9.3.1.1. Descripción botánica de <i>Argemone mexicana</i> .....	16
2.9.3.1.2. Taxonomía de <i>Argemone mexicana</i> .....	17
2.9.3.1.3. Descripción fitoquímica de <i>Argemone mexicana</i> .....	17
2.9.3.1.4. Usos de <i>Argemone mexicana</i> .....	17
2.9.3.2. <i>Hamelia patens</i> .....	18
2.9.3.2.1. Taxonomía <i>Hamelia patens</i> .....	18
2.9.3.2.2. Descripción botánica de <i>Hamelia patens</i> .....	19
2.9.3.2.3. Usos de <i>Hamelia patens</i> .....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1. Localización del experimento <i>in vitro</i> .....	20
3.1.1. Obtención del material biológico .....	20
3.1.2. Aislamiento del fitopatógeno.....	20
3.1.3. Purificación del hongo .....	21
3.1.4. Identificación del fitopatógeno .....	21
3.1.5. Obtención de los extractos vegetales .....	21
3.1.6. Actividad inhibitoria de los extractos.....	22
3.2. Ubicación del experimento en invernadero.....	23
3.2.1. Acondicionamiento del lugar .....	23
3.2.2. Obtención de la plántula .....	23

3.2.3. Desinfección del suelo por el método de pasteurización .....	23
3.2.4. Reproducción masiva del fitopatógeno y obtención del inóculo.....	23
3.2.5. Concentración del inóculo del hongo.....	24
3.2.6. Establecimiento del experimento de extractos vegetales contra <i>A. alternata</i> ..	25
3.2.7. Inoculación del fitopatógeno y aplicación de los tratamientos .....	25
3.2.8. Aplicación de los extractos en las plantas inoculadas con <i>A. alternata</i> .....	25
3.2.8.1. Altura de la planta .....	25
3.2.8.2. Diámetro de tallo .....	26
3.2.8.3. Peso fresco de la biomasa .....	26
3.2.8.4. Diámetro polar y ecuatorial del fruto.....	26
3.2.8.5. Rendimiento del cultivo.....	26
3.2.8.6. Peso fresco de la raíz .....	26
3.2.8.7. Longitud de raíz .....	26
3.2.8.8. Determinación de grados brix .....	27
3.2.9. Análisis estadístico.....	27
3.2.10. Recuperación del hongo al final del experimento .....	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
4.1. Aislamiento e identificación del agente causal del tizón temprano del tomate. ....	28
4.2. Evaluación del efecto de control <i>in vitro</i> de extractos concentrados de <i>Hamelia patens</i> y <i>Argemone mexicana</i> sobre el crecimiento y desarrollo de <i>Alternaria alternata</i> . .....	29
4.3. Manejo de <i>Alternaria alternata</i> bajo condiciones de invernadero en el cultivo de tomate variedad Floradade mediante el uso de extractos concentrados de <i>Hamelia patens</i> y <i>Argemone mexicana</i> .....	32
4.3.1. Extractos etanólicos y metanólicos concentrados de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en la promoción de altura del cultivo de tomate en presencia del fitopatógeno <i>Alternaria alternata</i> .....	32
4.3.2. Extractos concentrados etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en la promoción del desarrollo del tallo en el cultivo de tomate con presencia de <i>A. alternata</i> . .....	33
4.3.3. Efecto de los extractos etanólicos y metanólicos concentrados de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en la biomasa fresca de las plantas de tomate con presencia de <i>A. alternata</i> . .....	34

4.3.4. Efecto de la promoción en la longitud de la raíz con extractos concentrados etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> . .....	35
4.3.5. Efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en el peso de la raíz. ....	36
4.3.6. Efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en el rendimiento del fruto del cultivo de tomate.....	37
4.3.7. Efectos de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en el diámetro polar y ecuatorial. ....	38
4.3.8. Determinación de grados brix en el fruto de tomate ante el efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> . ....	39
5. CONCLUSIONES .....	41
6. LITERATURA CITADA .....	42
ANEXOS .....	55

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción por Entidades aportados por el SIAP (2021) dependiendo el ciclo y tipo de tecnología.....	5
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos y las dosis utilizadas. ....	24
Cuadro 3. Cuadro de salida del análisis de varianza de la altura de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y <i>Alternaria alternata</i> .....	55
Cuadro 4. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el diámetro de tallo de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y <i>Alternaria alternata</i> . ....	55
Cuadro 5. Cuadro de salida del análisis de la varianza en el peso de la biomasa de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y <i>Alternaria alternata</i> . ....	55
Cuadro 6. Cuadro de salida del análisis de varianza de los resultados de la longitud de raíz de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y <i>Alternaria alternata</i> . ....	56
Cuadro 7. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el peso de raíz de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y <i>Alternaria alternata</i> . ....	56
Cuadro 8. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto de los extractos concentrados etanólicos y metanólicos de <i>H. patens</i> y <i>A. mexicana</i> en el rendimiento del cultivo de tomate en invernadero con presencia de <i>A. alternata</i> . ....	56
Cuadro 9. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto del diámetro polar del fruto, con presencia de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y el patógeno <i>A. alternata</i> .....	57
Cuadro 10. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto del diámetro ecuatorial del fruto, con presencia de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y el patógeno <i>A. alternata</i> . ....	57

Cuadro 11. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto de los grados brix con presencia de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y el patógeno.....57

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Caracterización morfológica del aislamiento de <i>Alternaria alternata</i> asociado con el tizón temprano. ....	28
Fig. 2 Crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Alternaria alternata</i> en presencia de los extractos concentrados de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> a una dosis de 1 L/Ha.....	30
Fig. 3 Crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Alternaria alternata</i> en presencia de los extractos concentrados de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> a una dosis de 2 L/Ha.....	31
Fig. 4 Crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Alternaria alternata</i> en presencia de los extractos concentrados de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en una dosis de 3 L/Ha.....	32
Fig. 5 Altura de las plantas de tomate en invernadero inoculadas con extractos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en presencia del patógeno de <i>Alternaria alternata</i> .....	33
Fig. 6 Diámetro de tallo de las plantas del cultivo de tomate en invernadero inoculadas con los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y el patógeno <i>A. alternata</i> .....	34
Fig. 7 Peso de la biomasa en fresco de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de las plantas <i>A. mexicana</i> , <i>H. patens</i> y <i>Alternaria alternata</i> . ....	35
Fig. 8 Gráfico de la longitud de la raíz de las plantas de tomate en invernadero en presencia del patógeno <i>Alternaria alternata</i> y los extractos etanólicos y metanólicos de las plantas <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> .....	36
Fig. 9 Gráfico que muestra los resultados del peso de la raíz de las plantas de tomate en invernadero tratadas con los extractos etanólicos y metanólicos de las plantas <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en presencia de <i>Alternaria alternata</i> .....	37
Fig. 10 Análisis del rendimiento en fruto del cultivo de tomate en invernadero ante el efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de las especies <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en presencia de <i>Alternaria alternata</i> . ....	38

Fig. 11 Gráfico del diámetro polar (barra izquierda) y ecuatorial (barra derecha) del fruto de tomate en presencia de <i>Alternaria alternata</i> por el efecto de extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> . .....	39
Fig. 12 Determinación de grados brix ante el efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> en presencia de <i>Alternaria alternata</i> . .....	40

## RESUMEN

El cultivo de tomate a estado aumentando su demanda ya que contiene una alta cantidad de nutrientes, por lo que se ha convertido en una de las hortalizas más importantes en el mundo. En cambio, las enfermedades fúngicas han sido un factor limitante en el rendimiento de este cultivo siendo *Alternaria alternata* uno de los más importantes en poscosecha, para esto el método más utilizado hasta el momento para su control han sido los productos químicos y ante esto se ha vuelto un problema por la contaminación que se causa. Por lo cual, el objetivo de esta investigación se basa en encontrar nuevas alternativas con extractos vegetales los cuales sean más amigables con el medio ambiente y la salud humana. Para esto se evaluaron extractos concentrados etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* en contra del patógeno *Alternaria alternata*, para esto se prepararon los extractos rotoevaporados en condiciones de laboratorio utilizando el método de difusión en placa a dosis de 1 L/Ha, 2 L/Ha y 3 L/Ha donde cada 24 h se tomó el crecimiento micelial hasta que el testigo absoluto llenó la placa Petri para después determinar el efecto que se tuvo ante el hongo, obteniendo mayor significancia el extracto etanólico de *A. mexicana* y *H. patens* a una dosis de 3 L/Ha los cuales tuvieron un efecto positivo durante los primeros 11 días actuando de manera fungistática. Por otra parte, en invernadero se evaluó el efecto de los extractos concentrados etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* a una dosis de 1 L/Ha, 2 L/Ha y 3 L/Ha aplicados al follaje en el cultivo de tomate las cuales estaban inoculadas con *Alternaria alternata*. Los datos obtenidos se procesaron con un análisis de varianza y una prueba Tukey ( $P > 0.05$ ), para observar la significancia entre extractos lo cual resultó que el extracto etanólico de *H. patens* actuó como inductor en la altura de planta, y el extracto etanólico de *A. mexicana* obtuvo resultados prometedores en cuanto a diámetro de tallo, peso de biomasa en fresco y peso de la raíz. Es importante resaltar que el extracto metanólico de *A. mexicana* destacó ante el resto de los tratamientos en la longitud de raíz, diámetro polar, diámetro ecuatorial del tomate y rendimiento del cultivo. Por último, se evaluó el contenido de sacarosa en el fruto, para lo cual, los extractos metanólicos de *A. mexicana* y etanólicos de *H. patens* fueron los niveles más altos con respecto al testigo y al producto comercial.

**Palabras clave:** Extractos vegetales, fungistático, inductor, *Alternata alternata*

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más importantes económicamente a nivel global es la agricultura por tener su contribución en la producción de alimentos para consumo humano y pecuario (Álvarez *et al.*, 2017).

En el mercado internacional la participación del tomate mexicano corresponde al 25% de toda la exportación mundial posicionando a México como líder en la exportación de tomate rojo, siendo este el tercer producto agrícola de exportación en México, después de la cerveza y el aguacate (Gutiérrez, 2021). Convirtiendo al tomate una hortaliza de importancia si se considera como de consumo en fresco o de industria (Franco, 2016).

Es una de las hortalizas más consumidas en el mundo, y la cual es atacada por diversas enfermedades (Vásquez-Ramírez & Castaño-Zapata, 2017). De las más importantes a nivel mundial por las pérdidas económicas que ocasiona al cultivo en los elevados costos para implementar medidas de control, se encuentran los fitopatógenos *Meloidogyne incognita*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, y *Ralstonia solanacearum* (Pérez-Almeida *et al.*, 2016).

Por otra parte, el género *Alternaria* es considerado de igual manera uno de los más importantes debido a las considerables reducciones en el rendimiento de los cultivos de los cuales algunos son: hortalizas, cereales, frutales y herbáceos (Pavón *et al.*, 2015).

Destacando el hongo *Alternaria alternata* que es causante de manchas en las hojas, pudriciones y tizones, representando grandes pérdidas en el rendimiento de hasta un 30% y en postcosecha de hasta un 10% (Tozlu *et al.*, 2018). Otro de los hongos asociados es *Alternaria solani* que causa daños severos en las plantaciones de tomate (Peña, 2021). En este cultivo y otras hortalizas afecta a las hojas, la base de los tallos y a los frutos produciendo pérdidas económicas (Cervantes *et al.*, 2020).

Principalmente el control de este patógeno se realiza con fungicidas químicos, los cuales han tenido resultados muy favorables, pero en cambio, su uso trae como consecuencia efectos nocivos para el medio ambiente debido a su residualidad (Fernández, 2018). Otro de los problemas que van consigo es la resistencia a los fungicidas teniendo un costo financiero para los productores, los fabricantes de fungicidas y para toda la sociedad (Carmona & Sautua, 2017). Otro problema respecto a los productos químicos se considera un efecto que repercute en la salud de las personas y del ecosistema (Enriquez, 2014).

En atención de estos problemas fitopatógenos se están planteando nuevas alternativas de manejo fitosanitario los cuales prometen la eficiente supresión del agente causal, teniendo en cuenta que todo esto sea de más fácil acceso para los productores (Leiva-Espinoza *et al.*, 2017). Para esto, actualmente se buscan alternativas que sean amigables con el medio ambiente; es por ello que se está recurriendo a los biofungicidas los cuales son elaborados a base de extractos vegetales (Hernández *et al.*, 2022).

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivo general

Evaluación de extractos vegetales para el manejo de *Alternaria alternata*.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- 1.- Aislamiento e identificación del agente causal del tizón marrón del tomate.
- 2.- Evaluación del efecto de control *in vitro* de extractos concentrados de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana* sobre el crecimiento y desarrollo de *Alternaria alternata*.
- 3.- Manejo de *Alternaria alternata* bajo condiciones de invernadero en cultivo de tomate variedad Floradade mediante el uso de extractos concentrados de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana*.

## 1.2. Hipótesis

Se espera que al menos un extracto reduzca significativamente la incidencia y severidad de la enfermedad.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de tomate

El tomate es originario de los Andes el cual después fue importado a Europa en el siglo XVI siendo en la actualidad un cultivo importante en todo el mundo (Gerszberg *et al.*, 2015). Y siendo hasta en el siglo XIX que empieza a cultivarse comercialmente y a industrializarse, así como la diferenciación de variedades que hoy existen (Castellón, 2019).

Con el paso de tiempo las demandas aumentan y con ello el cultivo, comercio y producción (Fernández-Delgado *et al.*, 2019). Convirtiéndose este en una de las principales hortalizas en el mundo gracias a su demanda en el mercado las cuales su comercialización genera grandes ganancias económicas (Délices *et al.*, 2019).

### 2.2. Importancia del cultivo

El centro del origen del cultivo de tomate lo comprenden Ecuador, Perú y Chile (Mejía, 2022). Pero el país de China se destaca por ser el principal productor de este cultivo, Estados Unidos como el país que más tomate importa y México el país que más exporta, el cual la mayor parte de la producción es destinada a Estados Unidos (Alvarez, 2022).

El cultivo ha ido en aumento a lo largo de los años gracias a que los pequeños y grandes productores empiezan con la implementación de invernaderos que ayudan en las condiciones ambientales y edáficas para el buen desarrollo del cultivo (Jurgen, 2021). A México lo encontramos entre los primeros 10 lugares de la producción de este cultivo; destacando la zona noreste de México y como principal estado Sinaloa (Salas *et al.*, 2022).

Según el SIAP (2021) describe en el anuario estadístico de la producción agrícola cuáles son los principales estados productores en México y el aporte de cada uno de ellos en la producción nacional dependiendo del ciclo de cultivo:

Cuadro 1. Producción por Entidades aportados por el SIAP (2021) dependiendo el ciclo y tipo de tecnología.

Año: 2021

Ciclo: Otoño-Invierno

Tipo de tecnología: Invernadero		Tipo de tecnología: Cielo abierto	
Entidad	Producción	Entidad	Producción
<b>1.- Sinaloa</b>	53,915.85 ton	1.- Sinaloa	311,576.25 ton
<b>2.- Querétaro</b>	51,635.89 ton	2.- Michoacán	66,002.35 ton
<b>3.- Oaxaca</b>	44,021.86 ton	3.- Chiapas	35,856.17 ton

Ciclo: Primavera-Verano

Tipo de tecnología: Invernadero		Tipo de tecnología: Cielo abierto	
Entidad	Producción	Entidad	Producción
<b>1.- Puebla</b>	132,617.34 ton	1.- Michoacán	108,973.71 ton
<b>2.- Jalisco</b>	119,017.88 ton	2.- Zacatecas	85,043.26 ton
<b>3.- San Luis Potosí</b>	105,749.90 ton	3.- Baja California Sur	55,781.67 ton

### 2.3. Taxonomía del cultivo

Clasificación taxonómica del tomate (Rivera, 2019).

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Clase: Angiosperma

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum* L.

## 2.4. Fenología del cultivo

La planta comienza su desarrollo vegetativo iniciando por la semilla, después la germinación; posteriormente viene el trasplante que se hace a los 30 a 35 días aproximadamente, después viene la etapa reproductiva, que incluye la floración que inicia de los 25 a 30 días después del trasplante, finalmente desde la formación del fruto hasta la madurez para la cosecha son de 85 a 100 días después del trasplante. Teniendo como duración cerca de los 180 días (Jaramillo *et al.*, 2012).

## 2.5. Condiciones para el desarrollo del cultivo

En cuanto a las temperaturas del suelo deben ser de 12-16°C con una temperatura ambiente para su buen desarrollo de 21-24°C y una humedad relativa de aproximadamente 70-80%. Para este cultivo se recomienda lo que son los suelos francos o francos-arcillosos ya que los suelos muy pesados tienden a retener mucho la humedad el cual aparte de no dejar respirar a la planta genera un ambiente favorable para las enfermedades (Rodríguez & Morales, 2007).

## 2.6. Principales enfermedades de las plantas

Algunos de los agentes causantes de enfermedades en el cultivo de tomate son: Hongos, Bacterias, Virus y Nemátodos (Salas *et al.*, 2022).

### 2.6.1. Bacterias

Las bacterias fitopatógenas son un gran problema en la producción del cultivo de tomate ya sea en condiciones de invernadero como de cielo abierto (Siri *et al.*, 2013). Entre las bacterias fitopatógenas que se destacan en el cultivo de tomate están: *Xanthomonas campestris*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Ralstonia solanacearum* y *Pseudomonas syringae* (Rivera, 2021).

Se reporta que *Xanthomonas* spp. ocasiona la enfermedad conocida como mancha bacteriana; este género es importante ya que afecta a cultivos de alto valor comercial en el mundo, siendo

esta bacteria de gran importancia económica a distintos cultivos algunos de ellos: arroz, cítricos, tomate, chile y crucíferas (Ortiz, 2021). Algunos de sus síntomas es que genera pequeñas lesiones circulares en las hojas con color café o negro, las heridas son grasosas, así como transluciente y con el tiempo se pueden dejar agujeros, se genera en algunos casos un halo amarillo alrededor de las manchas. La cual puede afectar cualquier tejido de la planta (Luna, 2019).

Por otra parte, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* es otra enfermedad bacteriana importante del cultivo conocida como el cancro bacteriano, el cual su importancia se ve reflejado en las grandes pérdidas en rendimiento y dificultad para su control (Peñalba, 2022). Por lo que las perdidas en la producción del cultivo van desde 80 a 100% (Zárate-Martínez *et al.*, 2018). Los síntomas sobre la planta dependen de dos factores: si es sistémica al principio puede ser asintomática, después empieza un oscurecimiento y la degradación de los tejidos vasculares generando el marchitamiento en etapas tempranas de la infección y cuando es localizada los síntomas pueden ser necrosis en los bordes de las hojas, cancro en forma de ampollas en los tallos (Alcoba, 2022).

En otro contexto, la marchitez bacterias ocasionada por *Ralstonia solanacearu* es un problema que ocurre en varias partes de México y el mundo. La infección causa la marchitez la cual después de una a tres semanas termina en la muerte de la planta (Hernández-Romano *et al.*, 2019). Esta enfermedad se caracteriza por afectar en los estados tempranos con una marchitez sin clorosis, además se propaga más rápido en los días de calor intenso hasta que la planta muere (Vargas, 2020).

Por último, la bacteria *Pseudomonas syringae* tiene una amplia variedad de hospederos entre ellos el tomate, manifestando sus síntomas en las hojas como manchas acuosas que se pueden necrosar o rodear por un halo amarillo, este organismo puede ingresar por los estomas o heridas en la planta (Gutiérrez, 2018).

### 2.6.2. Virus

El tomate es una hortaliza muy importante en el mundo y las enfermedades causadas por virus están siendo una amenaza en el cultivo llevando a pérdidas económicas ya que es muy difícil su control una vez presentándose la enfermedad (Torre, 2019).

De las enfermedades del cultivo, el Virus del mosaico del tomate (ToMV) presenta síntomas característicos como hojas deformes (torcidas), frutos pequeños desarrollándose irregularmente y deformes tornándose anillos de color amarillo, así como también partes necróticas localizadas en el interior (Elsharkawy *et al.*, 2022).

Otro de los virus que se reportan emergentes en el cultivo, es el virus rugoso del tomate (ToBRFV), los principales métodos de transmisión son por medio de las semillas infectadas y mecánicamente en las labores en el cultivo (Nolasco-García *et al.*, 2023). Los síntomas pueden causar amarillamiento intervenal, deformación del tejido y fruto, necrosis, decoloraciones y mosaicos (Gutiérrez, 2021).

### 2.6.3. Nematodos

Los problemas por nematodos fitoparásitos en los cultivos de tomate se han vuelto muy importantes y de interés fitosanitario, ya que perduran por varias temporadas afectando a los cultivos (Flores, 2022). El género *Meloidogyne* es uno de los más importantes mundialmente ya que tiene una amplia variedad de hospederos en los que desarrolla nódulos radiculares en la planta infectada (Martínez-Gallardo *et al.*, 2019). Este fitoparásito reduce el rendimiento de los cultivos que van desde 15-25% y otros hasta del 75% (Alarcón *et al.*, 2013).

### 2.6.4. Hongos y Oomicetos

Principalmente el cultivo de tomate se ve afectado en los rendimientos destacándose las enfermedades por presencia de hongos las cuales son: *Botrytis cinerea*, *Leveillula taurica*, *Phytophthora infestans*, *Phythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Alternaria solani* (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016).

El hongo *Botrytis cinerea* ocasiona el moho gris, esta enfermedad es de gran importancia en el cultivo, considerado por su alta incidencia provocando grandes pérdidas económicas (Vera, 2022). La infección provoca defoliación severa de la planta, muerte de las flores y marchitamiento; este patógeno se exhibe como un algodón grisáceo el cual es un signo característico (Ruiz, 2018). Los síntomas varían dependiendo del órgano de la planta que afecta, causando pudrición suave en las hojas y frutos, lesiones marrones en fruta sin desarrollar, necrosis en los brotes entre otros (Casimiro, 2022).

La enfermedad conocida como cenicilla ocasionada por *Leveillula taurica* cuenta con más de 700 hospedantes en los cuales se destaca el tomate, el cual fue en Sinaloa donde se identificó por primera vez en México. Sus síntomas al principio van de un color verde descolorido a un amarillo brillante en la parte superior de las hojas, después emerge la esporulación polvorienta en la parte inferior de las hojas, al progresar la enfermedad se vuelve necrótica y las hojas mueren (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016).

El hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* ocasiona la marchitez vascular y su hábitat es el suelo y una de las enfermedades devastadoras en el cultivo de tomate causando pérdidas de hasta el 100% (García-Jaramillo *et al.*, 2022). Al atacar este hongo a la planta estas muestran un amarillamiento que comienza por las hojas las cuales después mueren, la base de su tallo se torna de un color oscuro, sus síntomas se muestran en una o varias ramas las cuales sus hojas se marchitan, todo es más notable después de la floración (Vásquez-Ramírez & Castaño-Zapata, 2017).

Otro de los patógenos que afectan al cultivo es *Phytophthora infestans* ocasionado el tizón tardío, esta enfermedad se puede transmitir a través de las semillas y el patógeno puede sobrevivir en otras plantas de la misma familia o en residuos de cosecha que se encuentren en el suelo (Cardona-Piedrahita *et al.*, 2016). La enfermedad se vuelve un problema más grave cuando se encuentran los periodos de lluvia y el frío ya que este patógeno se mueve más fácil en las superficies húmedas llevando a todo esto a pérdidas totales si no se controla a tiempo (Quispe, 2019). Se reproduce en las partes aéreas de la planta teniendo en cuenta sus síntomas los cuales son al principio lesiones indefinidas sobre las hojas que se agrandan

y toman un color marrón con apariencia húmeda y en veces se rodea de un halo amarillo, no suelen verse más de dos manchas por foliolo y frecuentemente tocan los bordes de estos y en los tallos se miran manchas necróticas que los hace quebradizos al igual que el fruto desarrolla un color olivo el cual con el tiempo se hace marrón (Buch & Villanueva, 2019).

Otro de los Oomicetos es *Phythium aphanidermatum*, se encuentra más asociado con la enfermedad en las plántulas del tomate con longitudes de 10 cm al igual que con las plantas adultas causando una lesión castaño oscura a negro con apariencia húmeda en las que las plantas infectadas no pierden su color verde, pero con el tiempo mueren o detienen su crecimiento (Grijalba *et al.*, 2016).

### 2.7. *Alternaria solani*

Esta enfermedad es considerada una de las más importantes debido en que puede afectar en cualquier etapa del desarrollo del cultivo (Tandazo, 2015). El patógeno tiene un ciclo de vida corto, lo cual tiene una gran capacidad de reproducción y de dispersión (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016).

#### 2.7.1. Importancia económica del patógeno *Alternaria solani*

Hablando a nivel mundial de este patógeno es causante del Tizón temprano una de las enfermedades más importantes en el cultivo de tomate teniendo pérdidas en el rendimiento de hasta el 79% (Salas *et al.*, 2022).

### 2.7.2. Taxonomía del patógeno *Alternaria solani*

Peña (2021) señala la descripción taxonómica de *Alternaria solani*

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Alternaria*

Especie: *solani*

### 2.7.3. Descripción morfológica de *Alternaria solani*

*Alternaria solani* presenta un micelio aéreo algodonoso, liso, blanco, que después se torna blanco mate a gris siendo capaz de cubrir el micelio negro cuando esporula. Los conidióforos son oscuros, de donde nacen los conidios en forma de cadena. Los conidios miden 12-20 x 120-296  $\mu\text{m}$ , los cuales son oscuros, alargados, ovoides, presentando septos longitudinales y transversales (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016).

### 2.7.4. Diseminación del patógeno

Las conidias de *Alternaria solani* pueden ser transportadas por el viento, otra de ellas es que se puede llevar acabo por semillas contaminadas, al igual que de almácigos infectados (Allende *et al.*, 2017).

### 2.7.5. Etiología y Epidemiología

En cuanto a las especies de *Alternaria* se caracterizan por tener micelio conformado por hifas septadas y bien desarrolladas, conidios pluricelulares, caracterizados por ser ovoides a oblongos, netamente septados transversal y longitudinalmente, los cuales estas forman largas

cadena. En cuanto a su crecimiento están en un rango de temperatura de 22-28°C y su esporulación a los 27°C y se inhibe por debajo de 15°C o sobre 33°C (Salas *et al.*, 2022).

#### 2.7.6. Síntomas de la enfermedad

Este hongo daña principalmente a las hojas, manifestándose primero en el follaje más viejo generando manchas necróticas, las lesiones se extienden a medida que avanza la enfermedad desarrollando anillos concéntricos de color café oscuro y necrótico lo cual las heridas están rodeadas por una zona amarilla o clorótica causando la defoliación completa de las plantas. Las lesiones al nivel del suelo pueden causar una pudrición en la copa que generalmente rodea el tallo (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016). En el fruto las lesiones aparecen generalmente en el pedúnculo mostrándose con manchas hundidas, oscuras y acartonadas (Tandazo-Falquez *et al.*, 2018).

#### 2.8. *Alternaria alternata*

Esta enfermedad es de mayor importancia ya que reduce notoriamente la producción de los cultivos, presentando lesiones en los frutos y hojas (Cuenca *et al.*, 2016). Siendo este patógeno un gran problema en los cultivos de tomate tanto en campo como en postcosecha (Jiménez, 2018).

### 2.8.1. Taxonomía del patógeno *Alternaria alternata*

Según Torres (2022) lo menciona de la siguiente manera:

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Subclase: Hyphomycetidae

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Alternaria*

Especie: *alternata*

### 2.8.2. Importancia económica del hongo *Alternaria alternata*

Los patógenos *Alternaria solani* y *Alternaria alternata* se están viendo de gran importancia económica en el cultivo de tomate a nivel mundial ya que las pérdidas en la cosecha llegan a ser de hasta el 100% (Cariño, 2017). Causando especialmente problemas en el producto para las industrias (Coromoto & Reyes, 2018).

### 2.8.3. Agente causal y su diseminación de *Alternaria alternata*

Presenta micelio color oscuro, conidios grandes y oscuros en forma de pera con septos longitudinales como transversales. Estos conidios se pueden introducir por los tejidos a través de heridas y usando el viento como forma de traslado (Jiménez, 2018).

### 2.8.4. Epidemiología

Esto ocurre en las regiones con climas de mucha lluvia y alta humedad, con temperaturas en rangos de 24 – 29 °C (Sánchez, 2017).

#### 2.8.5. Etiología de *Alternaria alternata*

Es un hongo saprofito y su principal diferenciación de otras especies son los conidios, estos se forman en cadenas simples o ramificadas, ovoides, con un color que varía de verde olivo a marrón oscuro, tabiques oblicuos, transversales o longitudinales (Carmo, 2018).

#### 2.8.6. Sintomatología de la enfermedad

Algunos de los síntomas característicos son las lesiones irregulares de color café en las hojas que terminan secándose, todo depende de la intensidad de la infección ya que en algunos casos las lesiones pueden comprender a los haces vasculares ocasionando la marchitez de la planta. Más, sin embargo, su principal daño se asocia en la pudrición que ocasiona en el fruto ya sea en campo o en su almacenamiento (Reyes *et al.*, 2016).

### 2.9. Medidas de prevención

El monitoreo constante de los cultivos es primordial para poder tomar medidas rápidas de control como lo son: El uso de semillas certificadas, la eliminación de los restos del cultivo, así como la constante rotación de cultivos (Allende *et al.*, 2017).

Desde al principio este patógeno se puede prevenir con una desinfección de la semilla con thiram a una dosis de 500g por cada 100 Kg de semilla (Santibáñez *et al.*, 2015).

#### 2.9.1. Control químico

El manejo de los fitopatógenos tradicionalmente se realiza mediante el uso de agroquímicos con efectos biocidas, el cual, su aplicación constante a llevado a desarrollar resistencias particularmente en el caso de bacterias y hongos (Vinchira-Villarraga & Moreno-Sarmiento, 2019). Algunos de los ingredientes activos autorizados son: Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Fluopiram/Tebuconazole, entre otros (Allende *et al.*, 2017).

Santibáñez y colaboradores (2015) mencionan algunos de los controles químicos usados para este patógeno mediante aplicaciones al follaje los cuales los productos que describen son: Hortyl 50 F en dosis de 2.5 a 3.5 L/Ha o Bravo 720 FW en dosis de 1.5 a 3.2 L/Ha lo cual ambos su ingrediente activo es el (Clorotalonil). Otro es el Score 250 EC en dosis de 400 a 500 cc/Ha (Difeconazole), Rovral 4 Flo utilizado a 1 a 2 L/Ha (Iprodione) y Amistar 25 SC en dosis de 250 cc/Ha (Azoxystrobin).

#### 2.9.1.1. Desventajas del control químico

El uso de agroquímicos de origen sintético ha estado originando muchos problemas por su uso irracional, como lo son: la resistencia, presencia de residuos en las cadenas alimenticias y en el ambiente físico como: aire, agua, suelo, y la destrucción de fauna benéfica responsable del control natural sobre las plagas (Ramírez *et al.*, 2016).

#### 2.9.2. Control biológico

Se refiere al uso de distintos organismos (extractos o compuestos obtenidos de ellos) que ya sea en combinación o solo sea capaz de disminuir los efectos que causa el patógeno sobre el crecimiento o productividad del cultivo (Vinchira-Villarraga & Moreno-Sarmiento, 2019).

Algunos de los controles biológicos más estudiados están los microorganismos de los géneros: *Streptomyces*, *Agrobacterium*, *Trichoderma* y *Bacillus* (Reinoso *et al.*, 2007).

El género *Trichoderma* es uno de los agentes más importantes en el control de hongos fitopatógenos, el cual este género es capaz de controlar un amplio número de hongos los cuales afectan a las plantas; destacándose por sus mecanismos los cuales son: la competencia de espacio, la producción de metabolitos o por los nutrientes (Romero-Arenas, 2017).

Con el género *Bacillus* se ha llegado a la conclusión en los controles biológicos que este tiene un rol muy importante en cuestión de las enfermedades que atacan a los cultivos de mayor importancia, por lo que sus lipopéptidos han demostrado su efectividad en el control de enfermedades fitopatógenas (Sánchez, 2016). Su mecanismo es la excreción de antibióticos, sideróforos, toxinas y las enzimas líticas (Villarreal-Delgado, 2018).

*Streptomyces* tiene la habilidad para inhibir el desarrollo del hongo lo cual está en su capacidad de producir cientos de metabolitos el cual este género ha sido estudiado para control biológico gracias a sus propiedades antifúngicas (Mardones, 2020).

#### 2.9.2.1. Ventajas del control biológico

El control biológico está ocupando un lugar importante en las prácticas de manejo de las enfermedades de las plantas causada por patógenos, el cual su uso logra reducir considerablemente la incidencia del fitopatógeno con el mínimo impacto para la salud humana y el medio ambiente (Ronnie-Gakegne & Martínez-Coca, 2018).

#### 2.9.3. Extractos vegetales

La búsqueda y necesidad de minimizar el uso de agroquímicos en la agricultura, ha despertado el interés por la aplicación de extractos vegetales y aceites esenciales para el control de fitopatógenos, cada planta puede contar con hasta más de sesenta compuestos y entre ellos puede haber varios con propiedades antifúngicas, la cual los patógenos pueden ser afectados por las mezclas (Ramírez *et al.*, 2016). Los extractos vegetales están cubriendo un amplio efecto ya sea farmacológico o como biocida en contra de una amplia gama de microorganismos (García *et al.*, 2010).

##### 2.9.3.1. Género *Argemone*

Este género es originario del continente americano, la cual estas plantas se consideran malezas ya que se encuentran en muchas áreas: terrenos agrícolas, a la orilla de las carreteras, entre otras, en México se reporta la presencia de 18 especies de este género siendo una de las más colectadas *Argemone mexicana* (Juárez-García *et al.*, 2020).

##### 2.9.3.1.1. Descripción botánica de *Argemone mexicana*

Es una maleza anual originaria de México. Esta planta puede llegar a una altura de 150 cm, su tallo es ramificado oblongo en sección transversal y con muchas espinas, exuda un líquido

amarillo al cortarlo, con flores amarillas de 2.5 a 5 cm de diámetro, las hojas son aserradas con los márgenes espinosos, sus venas son de color blanco grisáceo, destacándose por el color verde azulado de las hojas, su fruto es una capsula espinosa, con forma de ovoide y alargada, las semillas son muy numerosas de color negro (Henández *et al.*, 2022).

#### 2.9.3.1.2. Taxonomía de *Argemone mexicana*

Mencionada por Elizondo (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Papaverales

Familia: Papaveraceae

Género: *Argemone*

Especie: *mexicana*

#### 2.9.3.1.3. Descripción fitoquímica de *Argemone mexicana*

*Argemone mexicana* es la planta que más se ha estudiado, por lo que es dónde se han reportado más tipos de alcaloides presentes en sus tejidos (Juárez-García *et al.*, 2020). Algunos de los metabolitos secundarios encontrados en los extractos de *Argemone mexicana* son: alcaloides, terpenoides, flavonoides y compuestos fenólicos, entre otros, los cuales se reportan con actividad biológica contra hongos que infectan cultivos (Hernández *et al.*, 2022).

#### 2.9.3.1.4. Usos de *Argemone mexicana*

Conocida comúnmente como chicalote, endémica de México. Esta planta contiene compuestos que presentan actividad biológica, usado como biofungicida para controlar diversos hongos fitopatógenos (Hernández *et al.*, 2022).

Méndez *et al.* (2020) han mostrado inhibición de este extracto acuoso contra *Sclerotinia sclerotiorum* a 2000 ppm mostrando su efectividad fúngica.

Al igual se le han reportado componentes químicos los cuales son utilizados en la medicina tradicional, siendo útiles distintas partes de esta planta ya sea para la tos, enfermedades en la piel, conjuntivitis (Elizondo-Luevano *et al.*, 2020).

### 2.9.3.2. *Hamelia patens*

Es un arbusto nativo de las áreas tropicales, tradicionalmente empleado para el área de farmacéuticas, en algunas investigaciones relacionadas con la evaluación de extractos de *Hamelia patens* se observaron efectos como: antimicrobiano, diurético, antiinflamatorio y antioxidante; en los estudios relacionados a lo fitoquímico se encontraron metabolitos secundarios como esteroides, saponinas, alcaloides, flavonoides y polifenoles; los cuales, todos estos mencionados dependen de la edad fisiológica de la planta, el tipo de órgano, al igual que su momento de corte y el procesamiento de las muestras (Fontanills *et al.*, 2018).

#### 2.9.3.2.1. Taxonomía *Hamelia patens*

(de Haase, 2016).

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rubiaceae

Familia: Rubiaceae

Género: *Hamelia*

Especie: *patens* Jacq.

#### 2.9.3.2.2. Descripción botánica de *Hamelia patens*

Se considera un arbusto con una altura de 1.5 a 2 m, tallo de color café, ramificado; hojas abundantes, ternadas, oblongas a elípticas, con muchas flores, con una corola tubular rojo-anaranjado de hasta 2.5cm; su fruto es globoso con un cambio de color de rojo a negro con sus semillas color café; las hojas son simples y opuestas u hojas verticiladas y de margen entero (Carrillo *et al.*, 2004).

#### 2.9.3.2.3. Usos de *Hamelia patens*

En los últimos años las investigaciones se están enfocando en esta planta por sus diversas propiedades y actividades ya sean antifúngicas o como medicina tradicional; antiinflamatoria, antidiarreica, antimicrobiana entre otras más (Cruz San Juan., 2021).

Una investigación determino que el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Hamelia patens* presentó un efecto inhibitorio contra *Candida albicans* (Caballero & Meza, 2022).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del experimento *in vitro*

Las preparaciones de los extractos, así como los bioensayos de inhibición *in vitro* se llevaron a cabo en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo.

##### 3.1.1. Obtención del material biológico

El fitopatógeno se colectó de plantas que presentaban síntomas característicos de tizón temprano en los cultivos de tomate establecidos dentro de la Universidad lo cual las plantas se llevaron al laboratorio de fitopatología para su procesamiento.

En cuanto a la colecta de las plantas para el desarrollo de los extractos, la planta *Hamelia patens* se colectó en la localidad Chapopote, Chalma, Veracruz, México y la especie *Argemone mexicana* fue colectada en los campos de la Universidad las cuales fueron seleccionadas que no tuvieran daños de insectos o enfermedades para después ponerlas en bolsas de papel y ser llevadas al Departamento de Parasitología.

##### 3.1.2. Aislamiento del fitopatógeno

El inóculo del hongo se obtuvo bajo condiciones de asepsia, se cortaron las hojas que presentaban los síntomas las cuales se desinfectaron en hipoclorito de sodio al 3% con una duración de 3 minutos, posteriormente se aplicó un triple lavado con agua destilada estéril con periodos de 1 minuto entre cada uno y se secaron bajo la campana de flujo laminar.

Por otro lado, para la preparación de cámara húmedas, se cortaron discos de papel de estraza los cuales se colocaron dentro de placas Petri, a las cuales igual se les colocó agua destilada estéril para mantener la humedad en ellas. Posteriormente, se colocó una hoja con síntomas del fitopatógeno dentro de cada placa Petri y fueron llevadas a la incubadora a una temperatura de 26 °C para inducir el desarrollo del patógeno. Al empezar a expresarse el

hongo se hicieron siembras en medio de cultivo papa dextrosa agar y se incubó a 26 °C por un periodo de siete días.

### 3.1.3. Purificación del hongo

La purificación se llevó a cabo bajo el método de cultivos monospóricos descrita por (Castro-del Ángel *et al.*, 2021). Para esto se trabajó en la campana de flujo laminar, se tomó la placa Petri con la cepa axénica y con un sacabocados se tomaron dos explantes y se pasaron a un tubo de ensaye al cual se le colocaron 9 mL de agua estéril, utilizando el método de diluciones seriadas.

Posteriormente se realizó la siembra por cada dilución lo cual con una micropipeta se tomaron 150µL y se vertieron en placas Petri que contenían medio agar bacteriológico y con ayuda de una varilla de dispersión se esparció por toda la placa para después llevarse a la incubadora a una temperatura de  $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Al paso de 24 horas con la ayuda del microscopio compuesto se identificaron las conidias germinadas de las cuales se tomó un solo conidio y se pasó a otra placa Petri con medio papa dextrosa agar y se llevó a incubar a  $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta su utilización.

### 3.1.4. Identificación del fitopatógeno

Se hicieron montajes de las estructuras en portaobjetos con ayuda de lactofenol para una mayor visibilidad al momento de identificar. En un microscopio compuesto se enfocó a 4X, 10X y 40X. La identificación se llevó a cabo utilizando las claves de Barnett & Hunter (1998) para nivel género y para la especie las descritas por Simmons (2007).

### 3.1.5. Obtención de los extractos vegetales

Las especies *A. mexicana* y *H. patens* fueron llevadas al laboratorio de fitopatología para su secado. Las muestras deshidratadas cada una de ellas se pasaron en una licuadora hasta

obtener un polvo fino, el cual se mantuvo en frascos de vidrio ámbar para protegerlas de la luz, hasta su posterior utilización.

Se prepararon extractos a base de etanol (Et-OH) y metanol (Met-OH). Para la obtención de los extractos se prepararon 70 g del polvo de las hojas y se agregaron en 700 mL de solvente en matraces de 1000 mL con tapones de algodón. Se mantuvieron en agitación constante durante 7 días en ausencia de luz en una placa termoagitadora. Después del tiempo de agitación, los extractos se filtraron con papel filtro Whatman No.1 y se depositó en un matraz bola para concentrarlos en un evaporador rotatorio a una temperatura de 82°C para el caso del etanol y a 64°C para el metanol.

### 3.1.6. Actividad inhibitoria de los extractos

Inhibición *in vitro* de *A. alternata* con extractos concentrados de Etanol y Metanol de *A. mexicana* y *H. patens*.

El efecto inhibitorio se evaluó estando en una mezcla homogénea el medio papa dextrosa agar y el extracto. Al solidificar el medio se procedió a sembrar el hongo el cual se tomaron discos con micelio de crecimiento activo y se sembró en el centro de las placas Petri las cuales contenían los extractos en estudio. Las placas sembradas se procedieron a incubar a una temperatura de 26°C.

Se evaluaron tres dosis 1 L/Ha, 2 L/Ha, 3 L/Ha de los extractos etanólicos y metanólicos, un testigo comercial a la dosis recomendada (1 L/Ha). Se establecieron 3 repeticiones por cada concentración más un testigo absoluto (sin extracto), el ensayo se distribuyó en un diseño completamente al azar. Las cuales el radio del crecimiento micelial se determinó con ayuda de una regla del centro de la placa Petri hacia cada punto cardinal esto cada 24 horas hasta que el crecimiento del micelio de la placa testigo llenó por completo. Los datos obtenidos se procesaron por una curva de crecimiento.

### 3.2. Ubicación del experimento en invernadero

Se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área de invernaderos de investigación, en el invernadero número 2.

#### 3.2.1. Acondicionamiento del lugar

Primeramente, se limpió el lugar donde se estableció el experimento para evitar alguna contaminación y proceder a establecer las macetas y trasplantar.

#### 3.2.2. Obtención de la plántula

Se utilizó una charola de 200 cavidades la cual se llenó con sustrato primeramente preparado (peat moss y perlita: 70:30) agregando agua poco a poco hasta que el sustrato estuvo a capacidad de campo, posteriormente se llenaron las cavidades depositando dentro la semilla de la variedad Floradade. Se mantuvo bajo condiciones de invernadero hasta su emergencia que fue a los 7 días después de la siembra, se brindaron las condiciones adecuadas y regándolas cada que la planta lo necesitara, hasta su posterior trasplante los cual el tiempo de espera fue de 30 días.

#### 3.2.3. Desinfección del suelo por el método de pasteurización

Se utilizó suelo para jardín; primeramente, se tamizó para tener un tamaño de partícula adecuado y se llenaron bolsas de plástico de una capacidad aproximadamente de 5 Kg. Las bolsas con el suelo, se ingresaron a una autoclave y se mantuvieron a una temperatura de 75°C durante 35 minutos, repitiendo este proceso 3 veces dejándose enfriar 24 h durante cada proceso.

#### 3.2.4. Reproducción masiva del fitopatógeno y obtención del inóculo

Se sembraron 30 placas Petri con el hongo *Alternaria alternata* en medio papa dextrosa agar y se mantuvieron en incubación por dos semanas. Después del tiempo indicado, se llevaron

a la campana de flujo laminar para ser extraídos los conidios del hongo en estudio por medio de raspados y se depositó en un matraz que contenía 1000 mL de agua destilada estéril para su posterior utilización en la inoculación.

### 3.2.5. Concentración del inóculo del hongo

Para conocer la concentración de conidios por mililitro, con una micropipeta se tomaron 200  $\mu$ L y fueron colocados en la cámara de Neubauer para después pasarse al microscopio en lo cual se observaba una cuadrícula de conteo que fue la que ayudo para el conteo. Se hicieron 3 repeticiones para sacar un promedio de lo cual se obtuvo una concentración de  $8.22 \times 10^6$  conidios/mL.

En el cuadro 2 se reportan los tratamientos utilizados en el experimento de invernadero.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos y las dosis utilizadas.

TRATAMIENTO	SIGNIFICADO	DOSIS
A1 (ET-OH AM)	<i>A. alternata</i> + <i>Argemone mexicana</i> Etanol	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
A2 (MET-OH AM)	<i>A. alternata</i> + <i>Argemone mexicana</i> Metanol	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
A3 (ET-OH HP)	<i>A. alternata</i> + <i>Hamelia patens</i> Etanol	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
A4 (MET-OH HP)	<i>A. alternata</i> + <i>Hamelia patens</i> Metanol	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
A5 (EXODUS)	<i>A. alternata</i> + Químico	1L/Ha
A6 ( <i>A. alternata</i> )	Patógeno	--
A7 (TESTIGO)	Testigo absoluto	--

### 3.2.6. Establecimiento del experimento de extractos vegetales contra *A. alternata*

Primeramente, se llenaron 42 bolsas de plástico de 25 x 30 Cm con el suelo ya antes pasteurizado, se rotularon de acuerdo al tratamiento correspondiente y se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Posteriormente la plántula de tomate se trasplantó y se mantuvo en condiciones de riego y fertilización hasta la inoculación del hongo y los extractos.

### 3.2.7. Inoculación del fitopatógeno y aplicación de los tratamientos

A los 60 días después del trasplante se procedió a la inoculación del patógeno haciendo microheridas en las hojas con la ayuda del abrasivo carborundum y un hisopo en tres estratos de la planta; comenzando con las hojas más viejas, la segunda en el estrato medio y por último en las hojas más jóvenes. La inoculación se realizó con una jeringa hipodérmica tomando el inóculo del matraz y derramando 5 gotas por cada hoja con microheridas.

### 3.2.8. Aplicación de los extractos en las plantas inoculadas con *A. alternata*

Posterior a la inoculación del hongo se aplicaron foliarmente los tratamientos de los extractos vegetales. En la primera aplicación se realizó con una dosis de 3 L/Ha y con ayuda de un aspersor manual se hizo este proceso. La segunda aplicación fue a los 2 días después de la primera a una dosis de 2 L/Ha y como última aplicación fue a una dosis de 1 L/Ha posterior a los 5 días de la segunda. El tratamiento con el producto comercial se realizó de la misma manera a lo anterior utilizando una dosis recomendada por el fabricante que fue de 1 L/Ha. de lo cual cada 20 días se tomaron los datos como son altura y diámetro de tallo.

#### 3.2.8.1. Altura de la planta

Fue tomada con ayuda de una cinta métrica y expresada en centímetros (Cm) desde la base del tallo hasta el ápice de la planta cada 20 días.

#### 3.2.8.2. Diámetro de tallo

Esta variable fue tomada con ayuda de un vernier expresado en milímetros (mm) por arriba de los 5 centímetros del tallo.

#### 3.2.8.3. Peso fresco de la biomasa

Al finalizar el experimento, se cortaron las plantas y con ayuda de una balanza se determinó el peso de la planta expresado en gramos (g).

#### 3.2.8.4. Diámetro polar y ecuatorial del fruto

En cada corte que se realizaba con ayuda de un calibrador tipo vernier se determinaba el diámetro ecuatorial y polar expresado en centímetros (Cm).

#### 3.2.8.5. Rendimiento del cultivo

En cada cosecha se determinó el peso con ayuda de una balanza expresada en gramos (g) para al final determinar el rendimiento de cada tratamiento, los resultados de rendimiento se extrapolaron a rendimiento (Kg/Ha).

#### 3.2.8.6. Peso fresco de la raíz

Después de terminado el experimento se procedió a sacar las raíces de las macetas rompiendo la bolsa y con ayuda de agua se lavó la raíz para quitar el suelo restante hasta que quedó la completamente limpia sin restos de suelo, con ayuda de una balanza se determinó su masa y se reportó en gramos (g).

#### 3.2.8.7. Longitud de raíz

A cada una de las raíces se obtuvo su longitud con ayuda de una cinta métrica la cual estaba expresada en centímetros (Cm).

#### 3.2.8.8. Determinación de grados brix

De los frutos cosechados se seleccionaron al azar para su evaluación.

Con ayuda de un mortero se macero el fruto hasta quedar un líquido, mientras que, por otro lado, para calibrar el refractómetro se le colocaron unas gotas de agua destilada, haciendo esto cada vez que se media una muestra.

Por último, con una micropipeta se tomó de la muestra antes ya macerada y se colocaron de 2 a 3 gotas en el refractómetro, para de ahí tomar la medida.

#### 3.2.9. Análisis estadístico

Los resultados de altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, diámetro ecuatorial y polar, peso fresco de la biomasa, peso fresco de la raíz y rendimiento del cultivo se procesaron con un análisis de varianza y prueba de separación de medias por la prueba de Tukey al 0.05 de significancia utilizando el programa SAS versión 9.0 para Windows.

#### 3.2.10. Recuperación del hongo al final del experimento

Se tomaron muestras de las hojas las cuales tenían síntomas de amarillamiento y fueron llevadas al laboratorio para realizar cámaras húmedas, se incubaron a 26°C durante 3 días.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Aislamiento e identificación del agente causal del tizón temprano del tomate.

El hongo fue aislado de plantas de tomate las cuales presentaban síntomas de tizón temprano, sin embargo, al momento de aislarse e identificarse se encontró asociado al fitopatógeno *Alternaria alternata*. Como se muestra en la Fig. 1 las características correspondieron a las descritas por Rodríguez (2015) en las cuales menciona que tiene apariencia filamentosa con conidióforos simples, de color pardo con septos verticales y transversales de disposición irregular lo cual es característico del género, también reporta que en el micelio se presentan grandes cadenas de conidios que son de color negro en la zona centro de la placa y un gris en los bordes.

Por otra parte, Sánchez-Arizpe *et al.* (2021) reportaron que el daño causado por *Alternaria alternata* son lesiones en el pedúnculo de la fruta y causante de aborto; sin embargo, lo encontraron asociado a la sintomatología de tizón temprano en las hojas de la misma forma a lo que se reporta en esta investigación.



Fig. 1. Caracterización morfológica del aislamiento de *Alternaria alternata* asociado con el tizón temprano.

#### 4.2. Evaluación del efecto de control *in vitro* de extractos concentrados de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana* sobre el crecimiento y desarrollo de *Alternaria alternata*.

Crecimiento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata* en presencia de los extractos concentrados de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens*.

Los primeros resultados que se presentan en la Fig. 2 el comportamiento del crecimiento micelial diario del patógeno en presencia de los extractos en los cuales se puede observar que el tratamiento (Am Met-OH) tuvo el mayor crecimiento en comparación con los demás tratamientos evaluados a una dosis de 1 L/Ha a los 12 días. Por otro lado, los tratamientos (Am Et-OH) y (Hp Et-OH) tuvieron un comportamiento similar en cuanto a su crecimiento estando los tres tratamientos por arriba del testigo, en cambio, hubo un comportamiento distinto con un producto comercial que mantuvo el crecimiento micelial por debajo de los demás a partir de los 2 días. Es importante mencionar que el producto comercial se reporta con acción fungicida, sin embargo, en esta investigación pudimos constatar que su efecto fue más como fungistático.

Por otro lado, en la primera evaluación realizada las 24 h se pudo observar que los tratamientos Am Et-OH, Hp Et-OH y el producto comercial tuvieron un mismo efecto al no haber crecimiento del patógeno. Sin embargo, al segundo día de exposición del fitopatógeno a los extractos estos perdieron su efecto inhibitorio continuo y favorecieron su crecimiento al paso de los días. Se puede asumir que los metabolitos secundarios involucrados con efecto antibiótico no fueron estables y estos dejaron de ejercer el control del crecimiento del hongo y se expresaron algunos otros que están relacionados con el crecimiento vegetal como lo pueden ser algunos aminoácidos, lípidos, entre otros, los cuales han sido reportados por Rodríguez *et al.* (2022) en un análisis cromatográfico de los extractos con la especie de *H. patens*.

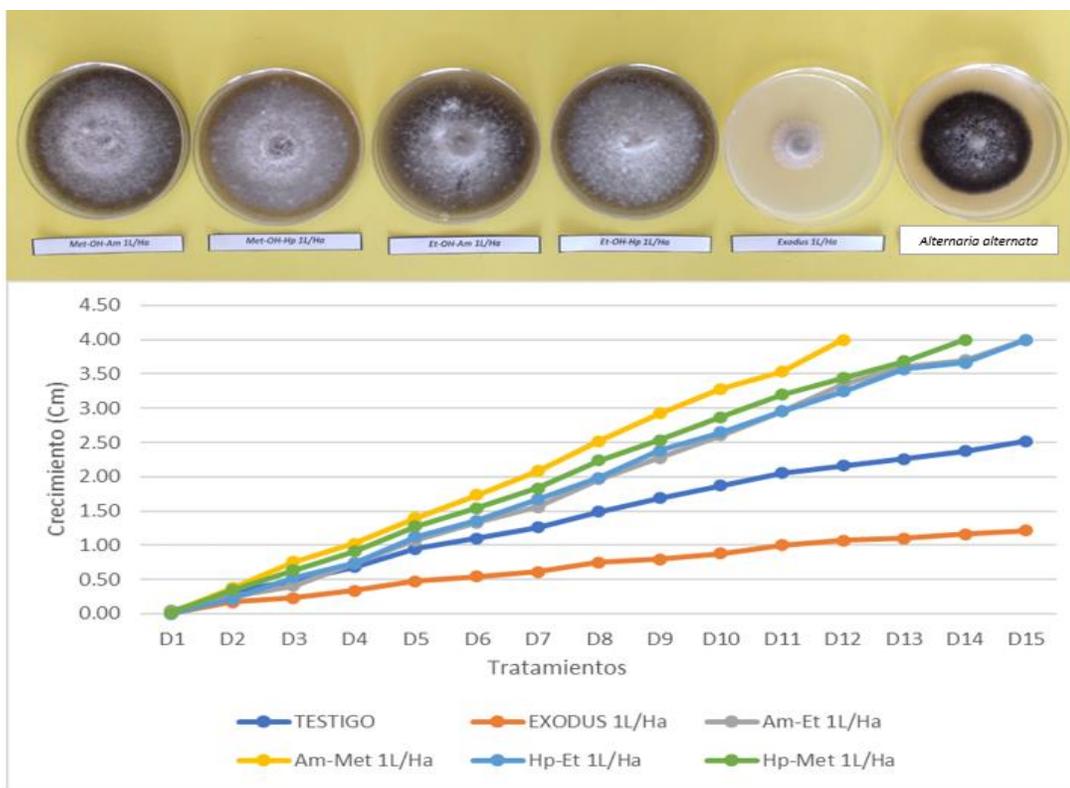


Fig. 2. Crecimiento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata* en presencia de los extractos concentrados de *A. mexicana* y *H. patens* a una dosis de 1 L/Ha.

En segunda instancia podemos reportar los resultados de los extractos de *H. patens* a una dosis de 2 L/Ha los cuales tuvieron un comportamiento en la promoción del crecimiento resultando superior al crecimiento del testigo. Se puede observar en la Fig. 3 que el extracto de *A. mexicana* en metanol a partir del segundo día de evaluación demuestra ser el de mayor crecimiento en comparación con los demás tratamientos. Al respecto, Mancipe & González (2016) evaluaron el extracto etanólico puro y un aceite esencial a distintas concentraciones encontrando nula inhibición contra *Fusarium oxysporum*. En este contexto, es importante mencionar que los extractos etanólicos de las dos plantas en este estudio presentaron resultados favorables en inhibición a partir del segundo día y hasta el sexto día de evaluación; sin embargo, en el séptimo día estos tratamientos dejaron de ejercer control sobre el fitopatógeno y pudieron crecer aún más que el testigo. Por otra parte, Guerrero-Ramírez (2018) en una evaluación sobre la inhibición los extractos etanólicos de la planta *Larrea*

*tridentata* contra *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger* mencionó que se obtuvieron resultados favorables en la inhibición del fitopatógeno.

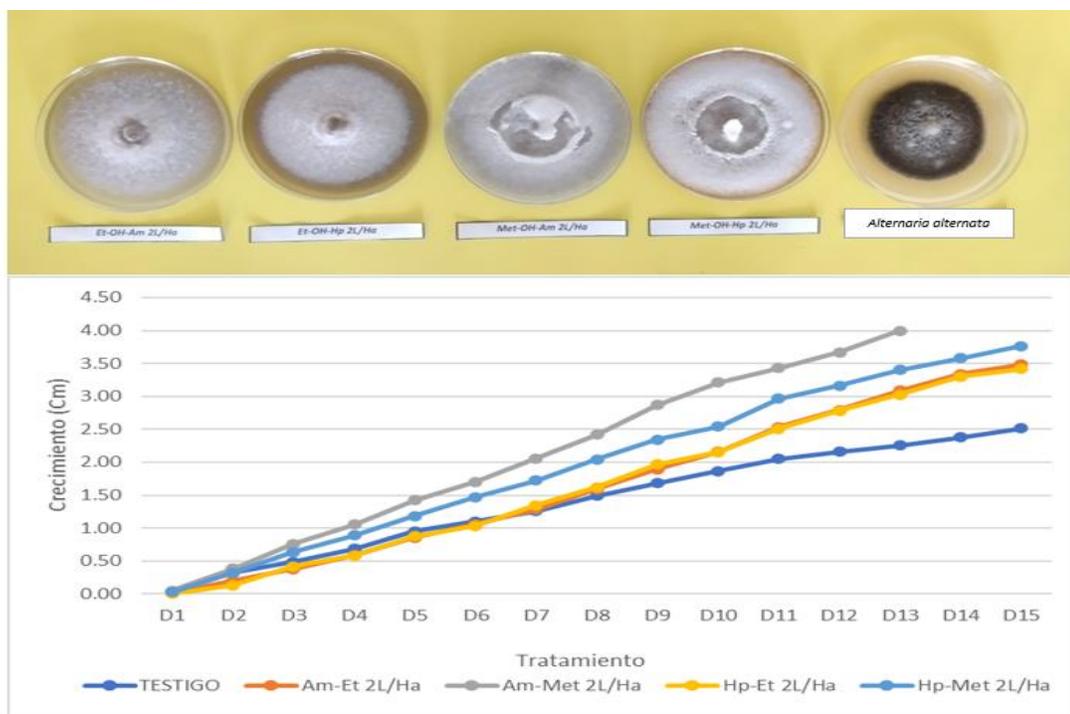


Fig. 3. Crecimiento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata* en presencia de los extractos concentrados de *A. mexicana* y *H. patens* a una dosis de 2 L/Ha.

Por último, se reportan los resultados de la evaluación con los extractos etanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* a una dosis de 3 L/Ha como se muestra en la Fig. 4 se puede presumir que presentaron inhibición continua durante 11 días en comparación con el resto de los tratamientos notándose pérdida de eficacia después de este tiempo reportado. A lo cual Villota-Burbano & Vazquez-Ochoa (2021) evaluaron la efectividad de los extractos etanólicos de *Borago officinalis* contra *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp. lo cual tuvo una efectividad *in vitro* en el control de estos hongos.

También se puede reportar que los extractos metanólicos de estas especies a partir del tercer día tienden a incrementar el crecimiento del fitopatógeno permaneciendo estos dos tratamientos como los de mayor crecimiento. Se puede sugerir que estos extractos pudieran

ejercer un efecto mayor en cuanto a la inhibición del crecimiento de *A. alternata* sí se incrementan las dosis significativamente.

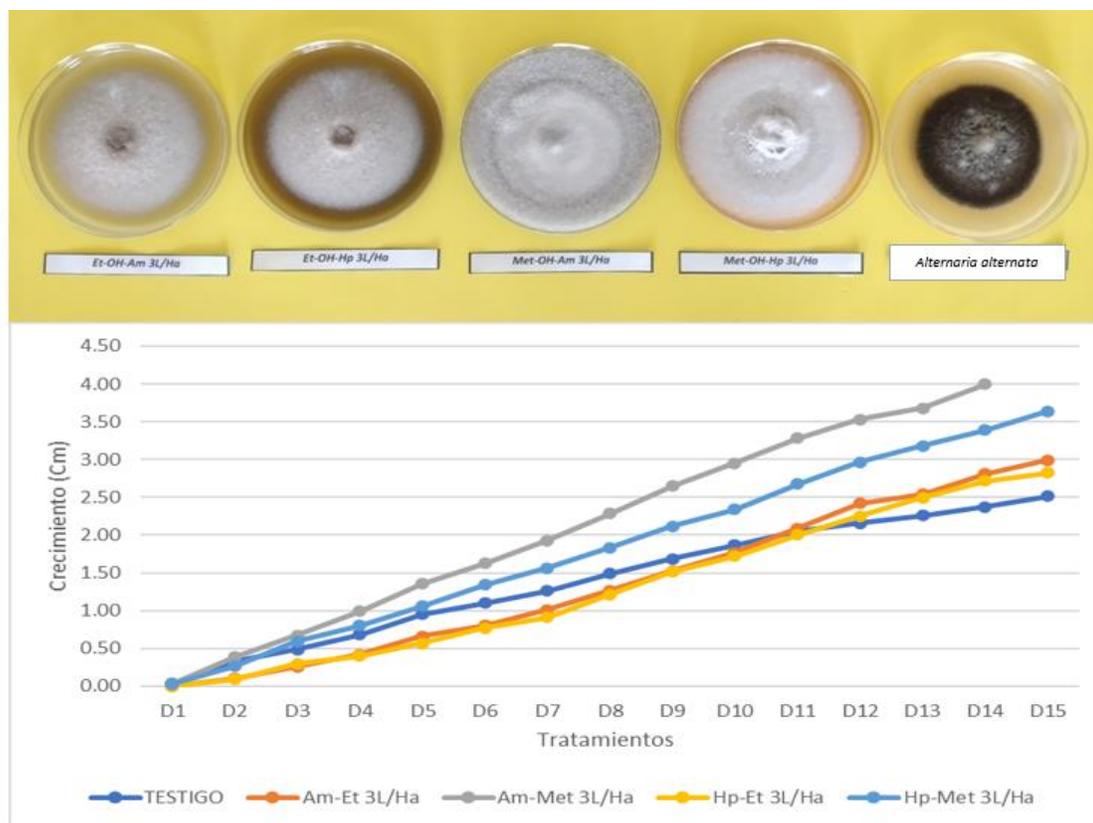


Fig. 4. Crecimiento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata* en presencia de los extractos concentrados de *A. mexicana* y *H. patens* en una dosis de 3 L/Ha.

#### 4.3. Manejo de *Alternaria alternata* bajo condiciones de invernadero en el cultivo de tomate variedad Floradade mediante el uso de extractos concentrados de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana*

##### 4.3.1. Extractos etanólicos y metanólicos concentrados de *A. mexicana* y *H. patens* en la promoción de altura del cultivo de tomate en presencia del fitopatógeno *Alternaria alternata*

Los resultados que arroja el análisis de varianza se detectó que los extractos etanólicos de *H. patens* y *A. mexicana* promueven el crecimiento de las plantas al mejorar la longitud de tallo, sin embargo, no se observó diferencia significativa entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ) al

encontrarse todos en el mismo grupo estadístico Fig. 5 Por otro lado, el extracto metanólico de *A. mexicana* presentó los valores más altos en altura durante los primeros 60 días, sin embargo, posteriormente los demás tratamientos sobresalieron sobre este. En otro contexto, Farias (2019) evaluó un extracto de ortiga con el cual reportó un incremento en el tamaño de tallo en las plántulas de *Citrus jambhiri*, actuando positivamente como inductor de crecimiento.

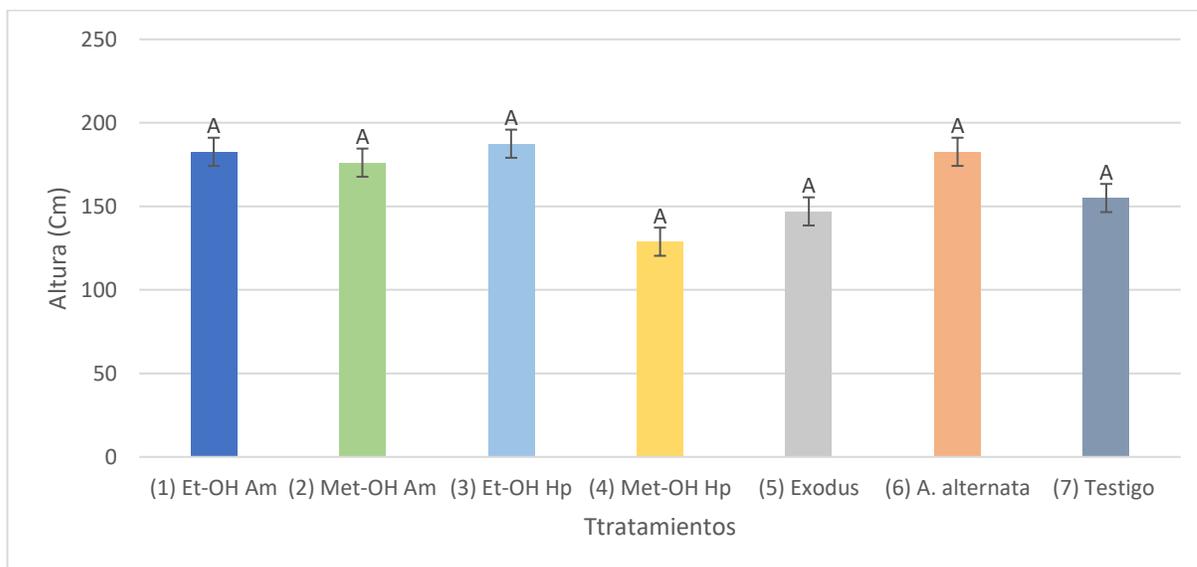


Fig. 5. Altura de las plantas de tomate en invernadero inoculadas con extractos de *A. mexicana* y *H. patens* en presencia del patógeno de *Alternaria alternata*.

#### 4.3.2. Extractos concentrados etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* en la promoción del desarrollo del tallo en el cultivo de tomate con presencia de *A. alternata*.

En la Fig. 6 se muestran los resultados del efecto de extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens*, en el crecimiento del diámetro del tallo, es importante mencionar que el extracto etanólico y metanólico de *A. mexicana* obtuvieron semejanza con el extracto metanólico de *H. patens*. Sin embargo, el producto comercial (ExodusMax) presentó poco efecto de desarrollo a comparación con el resto de los tratamientos. Al respecto, Rodríguez *et al*, (2020) evaluaron el efecto de extractos metanólicos de *Rhus muelleri*, *Rhus trilobata* y *Flourensia microphylla* a distintas concentraciones aplicados en plantas de tomate, siendo el

extracto de *Rhus muelleri* el que mostró mayor efectividad, promoviendo el crecimiento y producción de fruto.

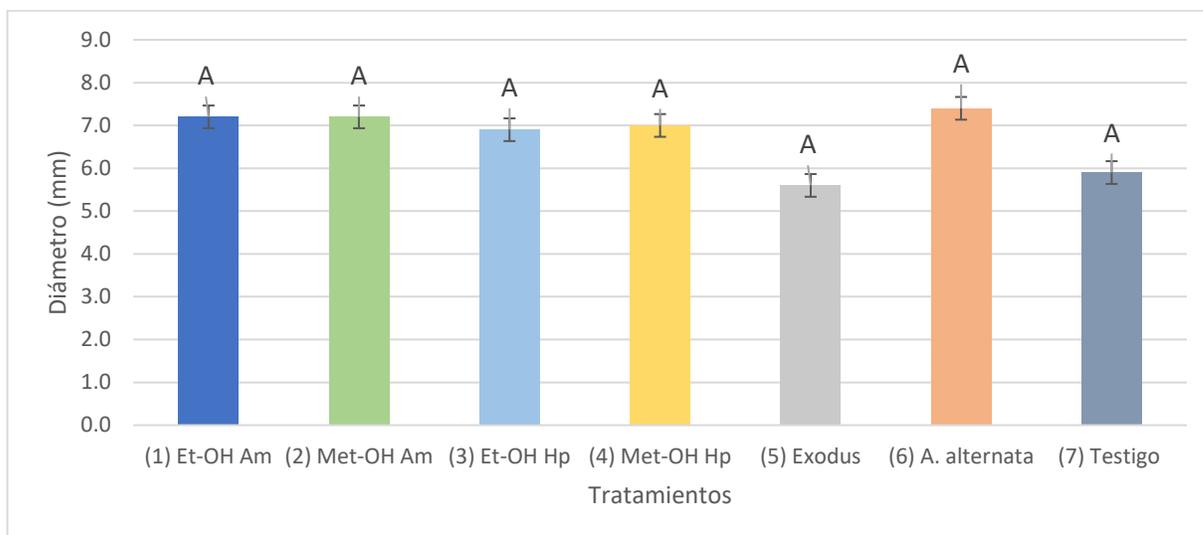


Fig. 6. Diámetro de tallo de las plantas del cultivo de tomate en invernadero inoculadas con los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y el patógeno *A. alternata*.

#### 4.3.3. Efecto de los extractos etanólicos y metanólicos concentrados de *A. mexicana* y *H. patens* en la biomasa fresca de las plantas de tomate con presencia de *A. alternata*.

Como se muestra en la Fig. 7 se aprecian los resultados del peso fresco de la biomasa, siendo el extracto etanólico de *A. mexicana* el que presentó un efecto positivo frente a los demás tratamientos, siguiéndole el extracto metanólico de *H. patens*. Por el contrario, el producto comercial fue el que promovió un menor efecto en el peso de la biomasa fresca. De igual manera, Diaz-Chuquizuta & Valdés-Rodríguez (2020) al evaluar extractos foliares de *Ricinus communis* con una dosis de 60 mL cada 15 días durante 60 días, obteniendo como resultados incremento en el crecimiento aéreo y en la densidad de raíz lo cual esto aumentó significativamente la biomasa en las plantas de caoba.

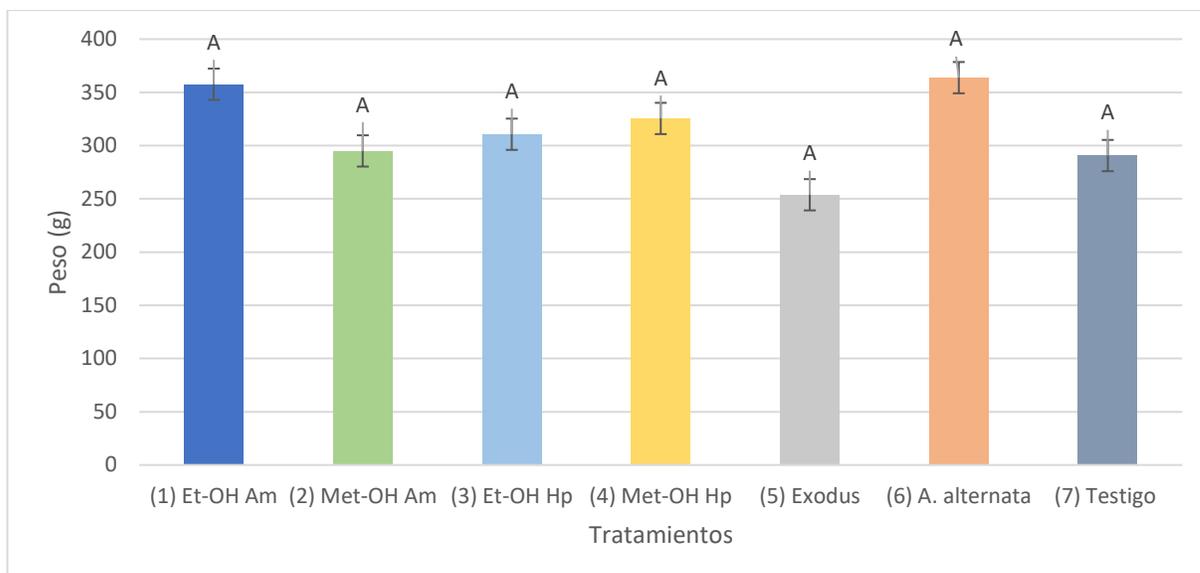


Fig. 7. Peso de la biomasa en fresco de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de las plantas *A. mexicana*, *H. patens* y *Alternaria alternata*.

#### 4.3.4. Efecto de la promoción en la longitud de la raíz con extractos concentrados etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens*.

Los valores del crecimiento de la raíz se muestran en la Fig. 8 en la cual se observa que el extracto metanólico de *A. mexicana* obtuvo una diferencia positiva a comparación con el testigo y el producto comercial, de igual manera el extracto etanólico de *A. mexicana* presentó un mayor crecimiento radical frente a los extractos de *H. patens*. Teniendo resultados similares en cuanto a la estimulación de las raíces, Sisa (2017) evaluó extractos de *Vicia sativa*, *Zea mays* y *Salix babylonica* los cuales tuvieron un efecto positivo en cuanto a la estimulación del volumen de la raíz y crecimiento de las plantas de *Rosa* spp.

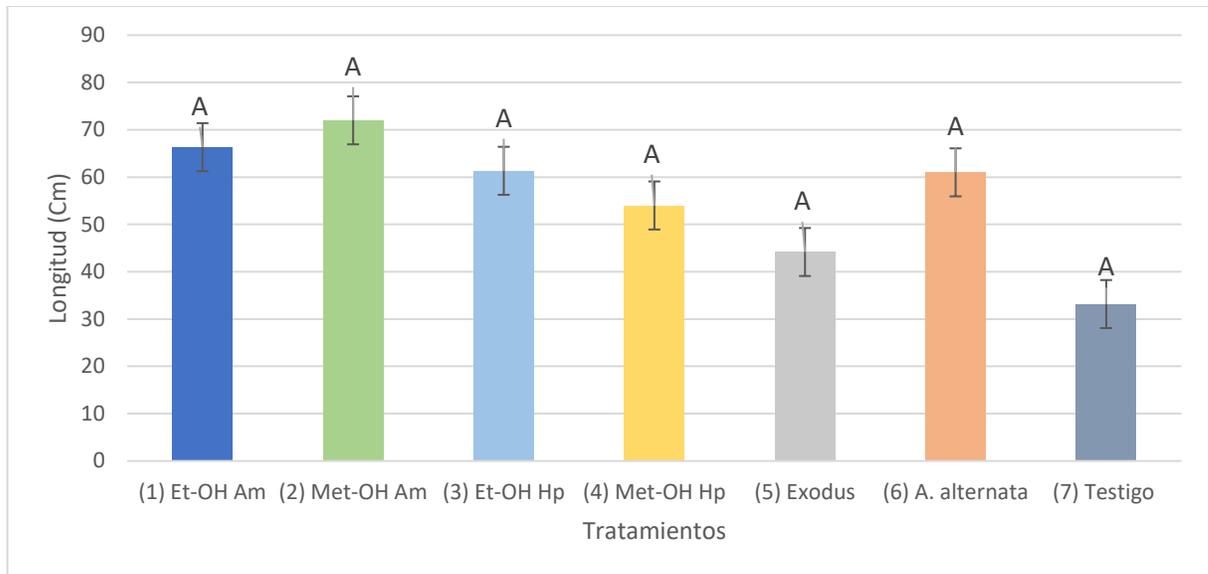


Fig. 8. Gráfico de la longitud de la raíz de las plantas de tomate en invernadero en presencia del patógeno *Alternaria alternata* y los extractos etanólicos y metanólicos de las plantas *A. mexicana* y *H. patens*.

#### 4.3.5. Efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* en el peso de la raíz.

En la fig. 9 se muestra el peso de raíz, los cuales no se mostró un efecto significativo entre extractos ( $P > 0.05$ ), sin embargo, el extracto etanólico de *A. mexicana* tuvo un resultado mayor sobre el testigo y el producto comercial, seguido por el extracto metanólico de *H. patens*. En otro contexto, Sariñana-Aldaco *et al.* (2021) utilizaron el extracto etanólico de *Sargassum spp.* (160 °C / 30 min / 50% de etanol) teniendo un efecto significativo en cuanto al diámetro de tallo, altura y peso de biomasa en plantas de tomate.

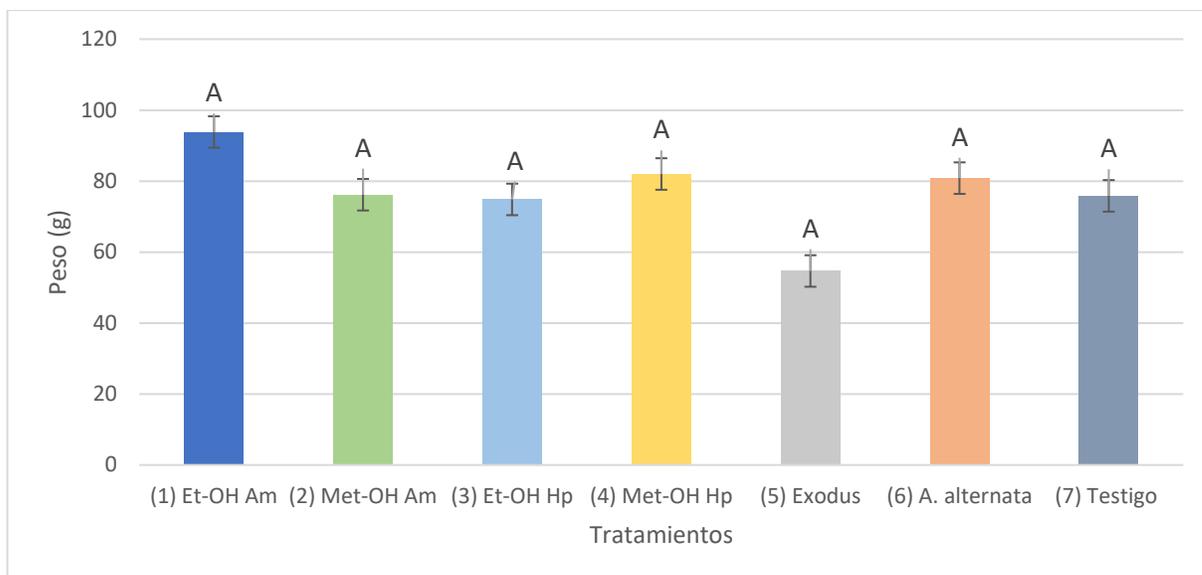


Fig. 9. Gráfico que muestra los resultados del peso de la raíz de las plantas de tomate en invernadero tratadas con los extractos etanólicos y metanólicos de las plantas *A. mexicana* y *H. patens* en presencia de *Alternaria alternata*.

#### 4.3.6. Efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* en el rendimiento del fruto del cultivo de tomate.

En la Fig. 10 se muestran los resultados del comportamiento del cultivo respecto a los extractos utilizados. Se pudo constatar que el mayor rendimiento promedio estimado corresponde al extracto metanólico de *A. mexicana* obteniéndose hasta 663 Kg/Ha respecto con el testigo absoluto el cual demostró menor rendimiento que todos los tratamientos. Respecto al uso de extractos vegetales en la mejora de rendimiento y la altura de plantas de tomate Arellano-Rodríguez *et al.* (2017) evaluaron a *Lupinus rotundiflorus* a una concentración de 320 ppm aplicados al suelo y al follaje teniendo efectos significativos y obteniendo un rendimiento 3,800 g (superando por más de 300 g al testigo) en su evaluación.

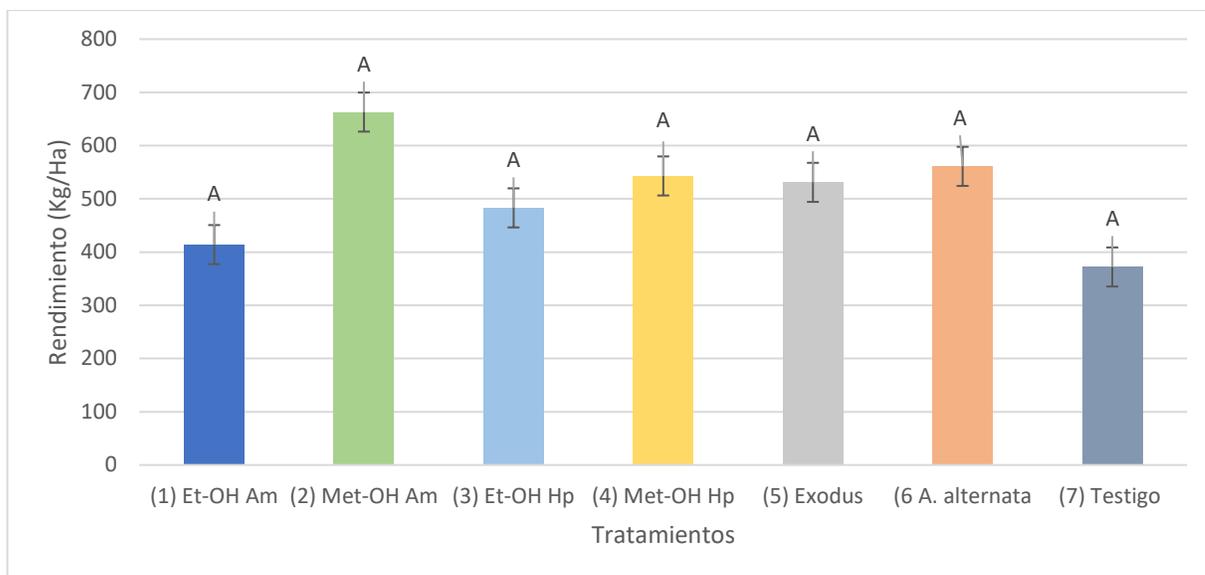


Fig. 10. Análisis del rendimiento en fruto del cultivo de tomate en invernadero ante el efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de las especies *A. mexicana* y *H. patens* en presencia de *Alternaria alternata*.

#### 4.3.7. Efectos de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* en el diámetro polar y ecuatorial.

Sobre la Fig. 11 se muestra la gráfica correspondiente al diámetro polar (barra izquierda) donde se observa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, se destaca que todos se mantuvieron por encima del testigo absoluto, pudiendo resaltar que el extracto metanólico de *A. mexicana* presentó un mayor diámetro ante los demás tratamientos. Por otro lado, se observa el diámetro ecuatorial (barra derecha) la mayor significancia entre los tratamientos la obtuvo el extracto metanólico de *A. mexicana* seguido del metanólico de *H. patens* posicionándolos como los de mayor resultado en comparación con los demás tratamientos.

Los extractos han demostrado tener efectos estimulantes en las plantas y rendimiento de tomate, los cuales pueden ser atribuidos a los metabolitos secundarios que contienen. En una investigación que hizo Balderrama (2019) evaluó un extracto de alga marina *Ulva lactuca* la cual presentó altas cantidades de macros y micronutrientes como: magnesio, calcio y

nitrógeno las cuales se relacionaron a la capacidad promotora del crecimiento en plantas de tomate.

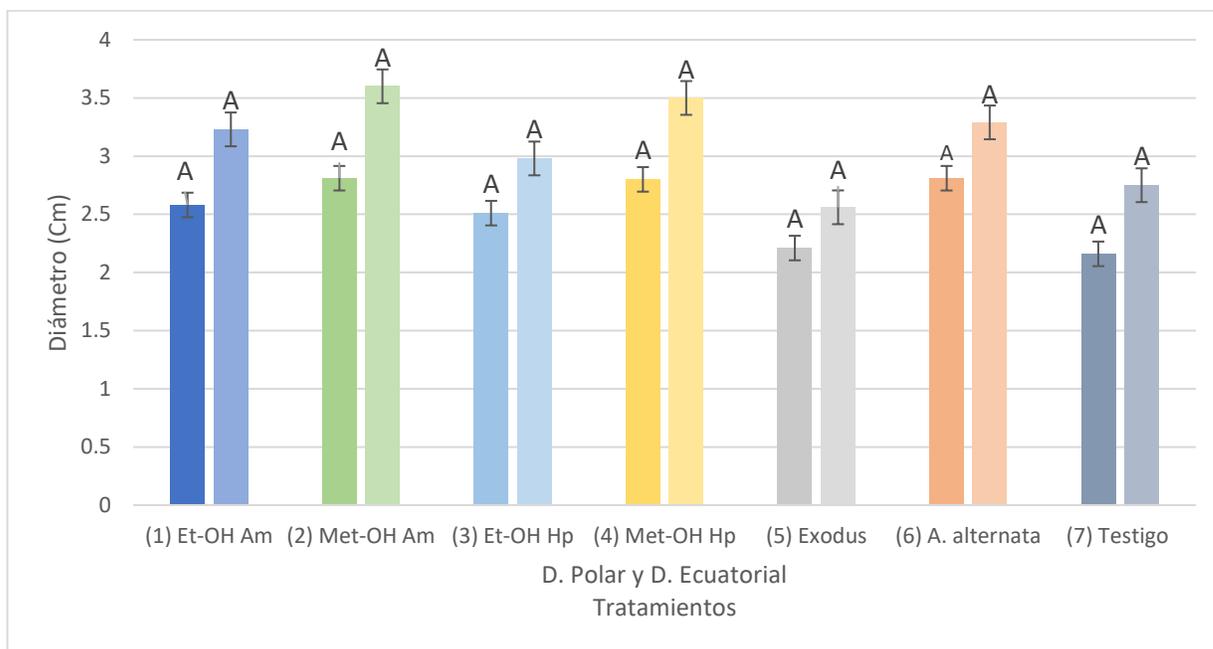


Fig. 11. Gráfico del diámetro polar (barra izquierda) y ecuatorial (barra derecha) del fruto de tomate en presencia de *Alternaria alternata* por el efecto de extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens*.

#### 4.3.8. Determinación de grados brix en el fruto de tomate ante el efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens*.

Los grados Brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) se utilizan continuamente en los cultivos como indicadores de maduración y palatabilidad de los frutos, y también en la evaluación de su calidad potencial para generar productos de mayor calidad (de A. Silva *et al.*, 2014). Al respecto, Elewa *et al.* 2020 reporta que Brix mide la concentración de sólidos disueltos en la solución y que un grado Brix es 1 gramo de sacarosa en 100 gramos de solución y representa la fuerza de la solución como porcentaje en masa. En esta investigación los niveles Brix oscilaron de 2.5 y hasta 4.5 Fig. 12 por lo que los extractos metanólicos de *A. mexicana* y los etanólicos de *H. patens* presentaron los niveles más altos con respecto al testigo y al producto comercial. Lo que indica calidad más favorable respecto a los testigos, indicando niveles favorables en los cuales se reporta que 4.5  $^{\circ}\text{Bx}$  es el mínimo requerido para poder ingresar los tomates al

procesamiento. Por otra parte, los niveles normales reportados para tomates de consumo en fresco son de 3.5 a 5.5 °Bx. En lo que respecta a esta investigación se reporta niveles aceptables en las dos formas destinadas al mercado, por lo que estos valores están relacionados con el sabor agradable, el cual está vinculado con los niveles Brix. Es importante mencionar que el obtener estos niveles aceptables de °Bx es debido a que los extractos de las plantas en estudio promovieron la floración temprana en el cultivo de tomate y por consecuente se obtuvieron frutos anticipadamente a los tratamientos del testigo absoluto y del testigo comercial por lo que el grado de maduración y contenido de azúcar fue mayor que los tratamientos antes mencionados.

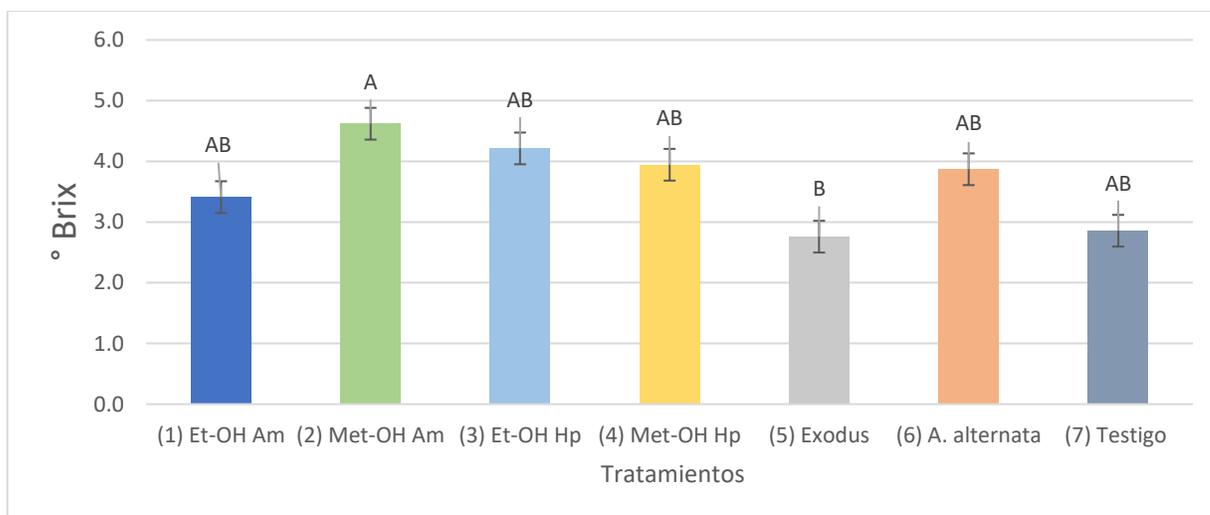


Fig. 12. Determinación de grados brix ante el efecto de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* en presencia de *Alternaria alternata*.

## 5. CONCLUSIONES

Se aisló e identificó morfológicamente a *Alternaria alternata* asociado a la enfermedad de tizón temprano en plantas de tomate.

En condiciones *in vitro* los extractos etanólicos de *Hamelia patens* y *Argemone mexicana* a una dosis de 3 L/Ha presentaron un efecto fungistático hasta un máximo de 11 días y posteriormente perdieron tal efecto favoreciendo el crecimiento del hongo en estudio aún más que el testigo.

El extracto etanólico de *Hamelia patens* estimuló la altura de la planta, así como el extracto etanólico de *Argemone mexicana* indujo mayor diámetro de tallo, aumentó el peso de biomasa fresca y de raíz de las plantas de tomate que recibieron este tratamiento.

El extracto metanólico de *A. mexicana* arrojó valores mayores en longitud de raíz y tomates con mayor diámetro ecuatorial y polar lo que se tradujo en mayor rendimiento respecto al resto de los tratamientos y así mismo mejoraron los niveles de sacarosa expresado en grados brix.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alarcón, A., Boicet, T., Godefroy, M., Bacilio-Jiménez, M., Ceiro, W., & Bazán, Y. (2013). Efecto de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de Protección.
- Alcoba, F. (2022). Análisis comparativo de cepas de *Clavibacter michiganensis* con virulencia diferencial en plantas de tomate. Tesina de grado. 81 p. Universidad de la República Uruguay.
- Allende, M., Salinas, L., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29478>
- Alvarez B, M. I. (2022). Beneficios de la biofumigación en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis. Carrera de ingeniería agronómica. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador 24 p.
- Álvarez, Medina, M. T., Núñez Ramírez, M. A., & Wendlandt Amezaga, T. R. (2017). Caracterización de la cadena de valor del tomate rojo fresco en México. Revista Global de Negocios, 5(3), 45-58.
- Arellano-Rodríguez, L. J., Sánchez-Martínez, J., Arriaga-Ruiz, M. C., & Padilla-García, J. M. (2017). Uso de extractos de alcaloides de Lupino (*Lupinus rotundiflorus*) en diluciones homeopáticas como estimulador del rendimiento en jitomate (*Solanum lycopersicum*). Rev. Energ. Quím. Fís, 4, 13-18.
- Balderrama, S. I. G. (2019). Respuesta en el desarrollo y composición nutrimental de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) en interacción con el hongo micorrízico arbuscular (*Rhizofagus intraradices*) y el extracto del alga marina (*Ulva lactuca*). Tesis, grado de licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.128 p.
- Barnett, H. L., & Hunter, B.B., (1998). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Minnesota, USA, APS Press.

- Buch, A. M. S., & Villanueva, A. R. (2019). Efectividad y determinación de dosis y frecuencia de aplicación de tres biocidas defenzyme y seacrop 16 en el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans* L.) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.). Escuela Nacional Central de Agricultura. 19 p.
- Caballero Monge, M., & Meza Lopez, N. (2022). Efecto antimicótico *in vitro* del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Hamelia patens* Jacq. frente a la cepa de *Candida albicans*. Tesis. profesional de químico farmacéutico. Lima – Perú. 63 p.
- Cardona-Piedrahita, L. F., Castaño-Zapata, J., & Ceballos-Aguirre, N. (2016). Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en quince introducciones de tomate silvestre. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 19 (1): 45 – 54.
- Cariño, R. & Fortino, H. (2017). Uso de *Trichoderma asperelloides* y *Bacillus licheniformis* para el biocontrol de *fusarium oxysporum* y *alternaria alternata* en plantas de jitomate (*solanum lycopersicum*). Tesis. Grado de maestría. universidad Tecnológica de la Mixteca. 116 p.
- Carmo, A. D. S. (2018). Controle biológico de *Alternaria alternata*, agente causal da mancha marrom de alternaria, por *Bacillus* spp. ficha catalográfica. universidade federal de são carlos centro de ciências agrárias. 79 p.
- Carmona, M., & Sautua, F. (2017). La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas, causas y efectos en cultivos extensivos. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Vol.31 (19).
- Carrillo, M. C., Junco, P. S., & Monge, G. G. (2004). Propiedades medicinales y colecta de germoplasma de la especie *Hamelia patens* en Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 17 N° 1.
- Casimiro, M. H. B. (2022). Control del Moho gris (*Botrytis cinerea* Pers.) en Tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. huascarán mediante fertilizantes foliares en La Molina. Tesis de licenciatura. universidad nacional agraria la molina facultad de agronomía. 100 p.

- Castellón, M. A. (2019). Epiphytiology of diseases and damage in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) in the agricultural enterprise "Valle del Yabú". tesis. universidad central "Marta Abreu" de Las Villas. 51 p.
- Castro-del Ángel, E., Hernández-Castillo, F. D., Gallegos-Morales, G., Ochoa, F. Y. M. (2021). Bacterias endófitas y su efecto en la inducción de resistencia sistémica en el cultivo de frijol contra *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. Biotecnia XXIII (3): 167-174.
- Cervantes, J. M. M., Olalde Portugal, V., Martínez Franco, M. B., Notario Zacarías, M. I., & Valdés Rodríguez, S. E. (2020). La cistatina de amaranto previene y controla el tizón temprano en tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 11 número 3.
- Coromoto Y. A., & Reyes, I. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento en el biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Bioagro. 30 (1) 59-66.
- Cruz San Juan, J. H. (2021). Estudio etnofarmacológico del uso de membranas nanoestructuradas de PVP dopadas con extractos de *Hamelia patens* Jacq. en el tratamiento de heridas cutáneas. Tesis licenciatura. benemérita universidad autonoma de puebla. Facultad De Ciencias Biológicas 91 p.
- Cuenca, J., García-Lor, A., Vicent, A., Navarro, L., Aleza, P., & Ollitrault, P. (2016). Evaluación mediante marcadores moleculares de la susceptibilidad a *Alternaria alternata* en cítricos. phytoma España. N' 284.
- de A. Silva, S.; de Queiroz, D. M.; de A. C. Pinto, F.; Santos, N. T. (2014). Coffee quality and its relationship with Brix degree and colorimetric information of coffee cherries. Precision Agriculture, 15(5), 543-554. doi:10.1007/s11119-014-9352-y.
- De Haase, A. L. M. C., (2016) en Producción, M. M., & de Plantas Medicinales, U. Obtención y caracterización de extracto etanólico de *Hamelia patens* jacq. para aplicación tópica. Tesis de maestría. universidad de san carlos de guatemala. facultad de ciencias quimicas y farmacia. 55 p.

- Délices, G., Leyva Ovalle, O. R., Mota-Vargas, C., Núñez Pastrana, R., Gámez Pastrana, R., Meza, P. A., & Serna-Lagunes, R. (2019). Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum*. cerasiforme (*Solanaceae*) en su centro de origen (América del Sur) y domesticación (México). *Revista de Biología Tropical*. Vol. 67(4): 1023-1036.
- Díaz-Chuquizuta, P., & Rodríguez-Valdés, O. A. (2020). Crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en respuesta a extractos vegetales. *Agrociencia*. Volumen 54, 10 p.
- Elewa, M., El-Saady, G., Ibrahim, K., Tawfek, M., Elhossieny, H. (2020). A novel Method for Brix Measuring in raw Sugar Solution. *Egyptian Sugar Journal*, 15(0), 69-86. doi: 10.21608/esugj.2020.209517.
- Elizondo L, J. H. (2020). Evaluación, identificación y caracterización de fracciones con actividad antiparasitaria de *Argemone mexicana* (L) y *Kalanchoe daigremontiana*. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León, Doctor en Ciencias con Acentuación en Química de Productos Naturales. 208 p.
- Elizondo-Luevano, J. H., Verde-Star, J., González-Horta, A., Castro-Ríos, R., Hernández-García, M. E., & Chávez-Montes, A. (2020). In Vitro Effect of Methanolic Extract of *Argemone mexicana* against *Trichomonas vaginalis*. *Korean J Parasitol* Vol. 58, No. 2: 135-145.
- Elsharkawy, M. M., El-Okkiah, S., Elsadany, A.Y., Bedier, M.Y., Omara, R.I., Behiry, S.I, & Abdelkhalek, A. (2022). Systemic resistance induction of tomato plants against tomato mosaic virus by microalgae. Agricultural Botany Department, Faculty of Agriculture, Kafrelsheikh University, Kafr Elsheikh 33516, Egypt.
- Enriquez, M. C. L. (2014). Evaluación de alternativas para el manejo integrado del tizón temprano *Alternaria solani* en el cultivo tomate *Lycopersicon esculentum* mil. Tesis de licenciatura, facultad de ciencias agrarias, universidad de guayaquil, 47 p.
- Farias, C. S. (2019). Efecto alelopático de extractos de ortiga (*Urtiga dioica*) y cola de caballo (*Equisetum arvense* L) en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de limón rugoso (*Citrus jambhiri* Lush). Tesis de licenciatura, universidad nacional de tumbes, facultad de ciencias agrarias 56 p.

- Fernández, Ch. C. M. (2018). Efecto de iprodione, folpet y folpet + prochloraz sobre el crecimiento micelial de *Alternaria solani* y *Trichoderma harzianum*. *CienciAgro*. 8 (1): 32-41.
- Fernández-Delgado, J., Abad-Rodríguez, E. M., & Salgado-Pulido, J. M. (2019). Efecto de *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *instituto de información científica y tecnológica, Cuba Avances*, vol. 21, núm. 3.
- Flórez García, J. A. (2022). Control biológico de nemátodos fitoparásitos en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) con micelio de hongos del género *Pleurotus* y hongos micorrízicos. *universidad el bosque, facultad de ciencias, Bogotá*, 56 p.
- Fontanills, Y. R., Ávila, A. L. V., Campos, C. C., Trujillo, M. M., del Castillo, M. S., & Hernández, Y. P. (2018). Composición fitoquímica y actividad antibacteriana de extractos de hoja de *Hamelia patens* Jacq. *Biotecnología Vegetal* Vol. 18, No. 1: 37 - 45,
- Franco, D. (2016). Tomate industrializado. Presentación, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/47/cadenas/r47\\_06\\_TomateIndustrializado.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/47/cadenas/r47_06_TomateIndustrializado.pdf).
- García L, C., Martínez R., A., Ortega S., JL, & Castro B., F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, vol. 9, núm. 2.
- García-Jaramillo, DJ, López-Zapata, SP, Bustamante-Granada, S., López, WR, Castaño-Zapata, J., & Ceballos-Aguirre, N. (2022). Reacción y rendimiento de microinjertos de tomate (*Solanum* spp.) inoculados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hansen causante del marchitamiento vascular. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 46(180):714-729.
- Gerszberg, A., Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T., & Kononowicz, A. K. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the service of. *Plant Cell Tiss Organ Cult* (2015) 120:881–902.

- Grijalba, P. E., Baron, C., Zapata, R. L., & Palmucci, H. E. (2016). Control químico de la podredumbre basal de tomate causada por *Phythiuma phanidermatum*. *Agronomía & Ambiente*. 36 (6).
- Guerrero-Ramírez, J. R. (2018). Actividad inhibitoria del crecimiento de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger* por extractos etanólicos de las plantas eucalipto, gobernadora y gordolobo. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Biomedicina*. RCFB, Ed. Esp. 2.
- Gutiérrez B, J. (2018). Análisis integrado del metaboloma y del proteoma de plantas de tomate infectadas con *Pseudomonas syringae*. Tesis licenciatura, universidad politécnica de valencia, trabajo final de grado en biotecnología. 57 p.
- Gutiérrez G, G. A. (2021). Estandarización de un método de detección de tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) por medio de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real con transcripción inversa (RT-qPCR) mediante de sondas TaqMan. Tesis de licenciatura, universidad del valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades, 49 p.
- Gutiérrez, M. F. R. (2021). Guía de exportación de tomate a Estados Unidos. ítem: <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/5280>
- Hernández, S. I., Juárez, M. A., Campos, M. R. G., Aguirre, A. G., & Hernández, F. A. D. (2022). *Argemone mexicana* contiene metabolitos secundarios que controlan hongos fitopatógenos. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*. Publicación semestral, Vol. 8, No. 15.
- Hernández-Romano, J., Mastache-Estrada, L. A., Molina-Sánchez, D. A., Serrano-Plancarte, R., Peña-Barrera, C., Chávez-Bejar, M., & Lecona-Valera, A. N. (2019). Estabilidad y capacidad inhibitoria del bacteriófago, agente potencial para el biocontrol de *Ralstonia solanacearum*. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 42 (1): 13 – 19.
- Jaramillo N. J. E., Sánchez L. G. D., Rodríguez V. P., Aguilar A. P. A., Gil V, L. F., Hío J. C., Pinzón P, L M., García M, M. C., Quevedo G, D., Zapata C, M. Á., Restrepo J. F. y Guzmán A, M. (2012) Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CORPOICA, 482 p.

- Jiménez N, S. A. D. R. (2018). Extractos de plantas y preparados minerales sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phytophthora* spp. y *Alternaria alternata*. <http://www.repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/3117>.
- Juárez-García, R. A., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L. F., & Gonzales-Castañeda, J. (2020). Revisión: el género *Argemone* (*Papaveraceae*) y los usos para el control de plagas en el sector agrícola. ciencia e innovación agroalimentaria de la universidad de Guanajuato. Vol. 1, Núm. 2, 71-83 p.
- Jurgen, V. Y. P. (2021). Efecto del manejo integrado de plagas más insecticidas químicos en el control de negrita (*Prodiplosis longifila*) en el cultivo de tomate, Cantón Yaguachi. Tesis de licenciatura, Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, 75 p.
- Leiva-Espinoza, S. T., Campos, P. D., & Valqui, N. C. V. (2017). Efecto de extractos vegetales y fungicidas químicos sobre *Botrytis* spp en azucena (*Lilium candidum*), bajo condiciones de laboratorio en Chachapoyas, Amazonas. Rev. de investig. agroproducción sustentable 1(1): 30-37 p.
- Luna, E. A. (2019). Elaboración de un prototipo de aplicación electrónica para la identificación de las enfermedades más comunes del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Honduras. Tesis licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, Ingeniero Agrónomo, 48 p.
- Mancipe O. E. F., & González Aldana, L. F. (2016). Estudio de los efectos fungicidas del extracto etanólico, aceite esencial y fracción lipídica de la planta *Anredera cordifolia* contra el hongo *Fusarium oxysporum*. Corporación tecnológica de Bogotá, tecnología en regencia de farmacia, 54 p.
- Mardones S, C. A. (2020). Estudio de la producción de policétidos con actividad antifúngica a partir de bacterias del género *Streptomyces* pertenecientes al Desierto de Atacama. Tesis de licenciatura, Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas. 39 p.
- Martínez-Gallardo, J. Á., Díaz-Valdés, T., Allende-Molar, R., Retes-Manjarrez, J. E., & Carrillo-Fasio, J. A. (2019). Identificación y distribución de *Meloidogyne* spp. en

tomate de Sinaloa México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. volumen 10 número 2.

Martínez-Ruiz, FE, Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, CE, Hernández-Montiel, LG, Sánchez, CLDT, & Rueda-Puente, EO (2016). Hongos Fitopatógenos Asociados Al Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico. Revista científica europea. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n18p232>.

Mejía O, J. C. (2022). Producción y comercialización del cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el Perú. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad De Agronomía, 51 p.

Méndez, I. H. S, Méndez, J. P., Navarrete, A. M., Montiel, R. G. C., Alvarado, R. J., & Fuentes, A. D. H. (2020). Actividad biológica *in vitro* del extracto acuoso de *Argemone mexicana* L. en un hongo fitopatógeno: *Sclerotinia sclerotiorum*. Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP, Publicación semestral, Vol. 6, No. 12, 12-14 p.

Nolasco-García, L. I., Marín-León, J. L., Mireles-Arriaga, A. I., Ruiz-Nieto, J. E., & Hernández-Ruíz, J. (2023). Áreas geográficas susceptibles al virus rugoso del tomate (ToBRFV) en Guanajuato, México. Bioagro. 35(1): 13-20.

Ortiz, C. S. (2021). Características generales y relación hospedero-patógeno del género *Xanthomonas* spp. tesis licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 56 p.

Pavón, M., González, I., Martín, R., & García, T. (2015). Importancia del género *Alternaria* como patógeno de cultivos vegetales (I). Fitopatología: transferencia tecnológica, 265, 46-50.

Peña, S. J. A. (2021). Efectos de la aplicación de fungicidas protectantes en la prevención del tizón temprano del tomate (*Alternaria solani*). Tesis de licenciatura, Universidad Técnica De Babahoyo, Facultad De Ciencias Agropecuarias, 29 p.

- Peñalba, J. N. (2022). Efecto de *Trichoderma harzianum* luego de una biofumigación para el biocontrol de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en tomate. Tesis, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 38 p.
- Pérez-Almeida, I., Morales-Astudillo, R., Medina-Litardo, R., Salcedo-Rosales, G., Dascon, A. F., & Solano-Castillo, T. (2016). Evaluación molecular de genotipos de tomate por su resistencia a *Meloidogyne incognita*, *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum* con fines de mejoramiento. *Bioagro*. 28(2): 107-116.
- Quispe Acuña, L. (2019). Asociación de tomate–maíz como alternativa de control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en Serranuyoc distrito de Santa Ana provincia de La Convención. Tesis licenciatura, Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Facultad De Ciencias Agrarias, 74 p.
- Ramírez González, S. I., López Báez, O., Espinosa Zaragoza, S., & Wong Villarreal, A. (2016). Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Colletotrichum gloesporioides*. *Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm. 8.
- Reinoso, Y. P., Flores, D. V., Romero, L. C., Pérez, E. G., & Álvarez-Rivera, V. P. (2007). Selección de cepas de *Bacillus* y otros géneros relacionados para el control biológico de hongos fitopatógenos. *Fitosanidad*. vol. 11, núm. 1, 35-40 p.
- Reyes, M., Arredondo, S., Nuñez, F., Sandoval, C., & Perez, F. (2016). Control de tizón en tomate industrial mediante un sistema de alerta temprana. *Boletín INIA* - N° 338
- Rivera G, J. P. (2021). Caracterización de bacteriófagos contra *Pseudomonas syringae* pv. tomato como parte de una estrategia de biocontrol de la peca bacteriana en cultivos de tomate. Tesis licenciatura, Universidad De Chile, Facultad De Ciencias, 88 p.
- Rivera, G. L. (2019). Efecto de estiércoles líquidos enriquecidos en el rendimiento y calidad de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de bioespacio en Iguala Guerrero. Tesis de maestría, Universidad Autónoma De Guerrero, Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Ambientales, 73 p.

- Rodríguez, A. M. I. (2015). Caracterización de aislamientos del hongo *Alternaria alternata*, causante de la mancha marrón de los cítricos en Uruguay. Tesis licenciatura, Facultad de Ciencias, 89 p.
- Rodríguez, D. J. D., Alonso-Cuevas, C. F., Rodríguez-García, R., Ramírez, H., Díaz-Jiménez, L., Villarreal-Quintanilla, J. A., & Juárez-Maldonado, A. (2020). Extractos de plantas del semidesierto en la inducción del crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Ecosistemas y recursos agropecuarios. Ecosist. Recur. Agropec. 7(1).
- Rodríguez, N. M. C. (2022). Actividad inhibitoria *in vitro* de extractos de *Hamelia patens* Jacq (Rubiaceae) sobre *Rhizoctonia solani* Kühn (Ceratobasidiaceae). Tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, facultad de agronomía, 92 p.
- Rodríguez, S. V. H., Morales, B. J. L. (2007). Evaluacion de alternativas de proteccion fisica y quimica de semilleros de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill) contra el ataque del complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*, *Gennadius*)-Geminivirus y su efecto en el rendimiento, en el municipio de Tisma, Masaya. Tesis, Universidad Nacional Agraria (Una) Facultad De Agronomía, 91 p.
- Romero-Arenas, O. M. A. R., Amaro, J. L., Damián, M. A., Valencia de Ita, M. A., Rivera, A., & Huerta, M. (2017). Biopreparados de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Phytophthora capsici* en el cultivo de tomate de Puebla, México. Información Técnica Económica Agraria. Vol. 113 (4), 313-324
- Ronnie-Gakegne, E., & Martínez-Coca, B. (2018). Antibiosis y efecto de pH-temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani*. Revista de Protección Vegetal, Vol. 33, No. 2.
- Ruiz B, M. R. (2018). Aplicación de quitosano con aceites esenciales contra *Botrytis cinerea* Pers. “Moho Gris” en *Lycopersicon esculentum* “Tomate”. Tesis licenciatura, Universidad Ricardo Palma, Facultad De Ciencias Biológicas, 64 p.

- Salas, G. L. A., Osorio Hernández, E., Espinoza Ahumada, C. A., Rodríguez Herrera, R., Segura Martínez, M. T. de J., Ramírez, E. N., & Estrada Drouaillet, B. (2022). Principales enfermedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i1.1793](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1793)
- Sánchez S. V. (2017). Aislamiento e identificación de bacterias con potencial de biocontrol a *Alternaria* sp., asociadas a *Solanum lycopersicum*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Facultad De Ciencias Agropecuarias, 159 p.
- Sánchez, F. E. P. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. *Bionatura*, Vol. 1 Número 3.
- Sánchez-Arizpe, A., Galindo-Cepeda, M. E., Arispe-Vázquez, J. L., & Eduardo García-Tapia E. (2021) Agente Asociado con el tizón temprano *Alternaria alternata* (FR.) Keissler en el Cultivo de Tomate *Solanum Lycopersicum* L. en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24: # 03.
- Santibáñez Muñoz, JA, Sandoval Briones, C., & Núñez Abarca, FB (2015). Evaluación de la mezcla de fluopiram y tebuconazol en el control de *Alternaria solani* Y *Alternaria alternata* en tomate industrial. Tesis licenciatura, Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, 38 p.
- Sariñana-Aldaco, O., Benavides-Mendoza, A., Juárez-Maldonado, A., Robledo-Olivo, A., Rodríguez-Jasso, R. M., Preciado-Rangel, P., & Gonzalez-Morales, S. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. *Ecosist. Recur. Agropec.* 8(2).
- SIAP (2021). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Simmons, E. G. (2007). *Alternaria: an identification manual*. CBS Fungal biodiversity center, Utrecht, the Netherlands. 77 p.

- Siri, M. I., Croce, V., Lapaz, M. I., Hernández, F., José, M., Montelongo, M. G., & Grande, S. (2013). Identificación, caracterización y diagnóstico molecular de bacterias patógenas que afectan a los cultivos de tomate. Resultados Experimentales en Sanidad de Tomate y Morrón, Serie Actividades de Difusión N° 756.
- Sisa, A. M. D. R. (2017). Evaluación de extractos vegetales como alternativa ecológica para accionar el enraizamiento de estacas de rosa (*Rosa* spp.). tesis licenciatura, Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ciencias Agropecuarias, 82 p.
- Tandazo-Falquez, N. (2015). Efecto de *Hypocrea lixii* sobre el tizón temprano del tomate *Alternaria solani* en condiciones de invernadero. (Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Graduados). Tesis De Magister En Microbiología, Universidad De Guayaquil Facultad De Ciencias Médicas, 70 p.
- Tandazo-Falquez, N., Coello-Peralta, R., Mora-Gutiérrez, M., & Bermudez, F. L. (2018). Efecto de *Hypocrea lixii* Sobre el Tizón Temprano del Tomate *Alternaria solani* en condiciones de invernadero. Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación, Vol. 2 No. 14.
- Torre-Guardiola, C. (2019). Detección y caracterización de virus epidemiológicamente relevantes en cultivos de tomate y cucurbitáceas. proyecto de investigación. Escuela Internacional De Doctorado, Universidad de Murcia, 184 p.
- Torres V. L. A. (2022). Principales métodos de control fitosanitario para el hongo *Alternaria alternata* en los cultivos de cítricos en el Ecuador. Tesis de licenciatura, Universidad Técnica De Babahoyo, Facultad De Ciencias Agropecuarias, 29 p.
- Tozlu, E., Tekiner, Nasibe, Kotan, R. y Örtücü, Serkan (2018). Investigación sobre el control biológico de *Alternaria alternata*. Diario Indio de Ciencias Agrícolas, 88 (8).
- Vargas-Baquero, C. D. (2020). Bacterias ácido lácticas como biocontroladoras de la marchitez vascular ocasionada por *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum* en tomate. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, 100 p.

- Vásquez-Ramírez, L. M., & Castaño-Zapata, J. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) WC Snyder & HN Hansen: una revisión. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 20(2): 363-374.
- Vera J, J. J. (2022). Efectos de los fungicidas en el control del moho gris *Botrytis cinérea* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). Tesis de licenciatura, Universidad Técnica De Babahoyo, Facultad De Ciencias Agropecuarias, 28 p.
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & Santos-Villalobos, S. D. L. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 36(1): 95-130.
- Villota-Burbano, J. E., & Vazquez-Ochoa O. Y. (2021). Evaluación *in vitro* del extracto etanólico de hojas de borraja (*Borago officinalis*) contra la actividad fungistática. *Agronomía Costarricense.* 45(2): 9-27.
- Vinchira-Villarraga, D. M., & Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología.* Vol. XXI No. 1
- Zárate-Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., & Juárez-Maldonado, A. (2018). Efecto de los ácidos fenólicos en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) inoculadas con *Clavibacter michiganensis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* volumen especial número 20.

## ANEXOS

Cuadro 3. Cuadro de salida del análisis de varianza de la altura de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y *Alternaria alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	17903.1429	2983.8571	0.85	0.5434
Tratamiento	6	17903.14286	2983.85714	0.85	0.5434
Error	35	123447.8333	3527.0810		
Total correcto	41	141350.9762			

R-cuadrado: 0.126657  
 Coeficiente de Variación: 35.84348

Cuadro 4. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el diámetro de tallo de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y *Alternaria alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	0.17962381	0.02993730	1.10	0.3818
Tratamiento	6	0.17962381	0.02993730	1.10	0.3818
Error	35	0.95241667	0.02721190		
Total correcto	41	1.13204048			

R-cuadrado: 0.158673  
 Coeficiente de Variación: 24.42134

Cuadro 5. Cuadro de salida del análisis de la varianza en el peso de la biomasa de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y *Alternaria alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	54353.2381	9058.8730	0.86	0.5346
Tratamiento	6	54353.23810	9058.87302	0.86	0.5346
Error	35	369331.1667	10552.3190		
Total correcto	41	423684.4048			

R-cuadrado: 0.128287  
 Coeficiente de Variación: 32.72721

Cuadro 6. Cuadro de salida del análisis de varianza de los resultados de la longitud de raíz de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y *Alternaria alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	6489.66667	1081.61111	1.82	0.1237
Tratamiento	6	6489.666667	1081.611111	1.82	0.1237
Error	35	20804.33333	594.40952		
Total correcto	41	27294.00000			

R-cuadrado: 0.237769  
 Coeficiente de Variación: 43.53663

Cuadro 7. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el peso de raíz de las plantas de tomate en invernadero, inoculadas con extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y *Alternaria alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	4970.90476	828.48413	0.50	0.8016
Tratamiento	6	4970.904762	828.484127	0.50	0.8016
Error	35	57621.50000	1646.32857		
Total correcto	41	62592.40476			

R-cuadrado: 0.079417  
 Coeficiente de Variación: 52.77637

Cuadro 8. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto de los extractos concentrados etanólicos y metanólicos de *H. patens* y *A. mexicana* en el rendimiento del cultivo de tomate en invernadero con presencia de *A. alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	52586.8095	8764.4683	1.24	0.3096
tratamiento	6	52586.80952	8764.46825	1.24	0.3096
Error	35	247208.1667	7063.0905		
Total correcto	41	299794.9762			

R-cuadrado: 0.175409  
 Coeficiente de Variación: 51.56716

Cuadro 9. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto del diámetro polar del fruto, con presencia de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y el patógeno *A. alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	2.86619048	0.47769841	1.01	0.4342
Tratamiento	6	2.86619048	0.47769841	1.01	0.4342
Error	35	16.54166667	0.47261905		
Total correcto	41	19.40785714			

R-cuadrado: 0.147682  
 Coeficiente de Variación: 27.42057

Cuadro 10. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto del diámetro ecuatorial del fruto, con presencia de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y el patógeno *A. alternata*.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	5.37571429	0.89595238	1.26	0.3003
Tratamiento	6	5.37571429	0.89595238	1.26	0.3003
Error	35	24.86833333	0.71052381		
Total correcto	41	30.24404762			

R-cuadrado: 0.177745  
 Coeficiente de Variación: 27.29598

Cuadro 11. Cuadro de salida del análisis de varianza sobre el efecto de los grados brix con presencia de los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana*, *H. patens* y el patógeno.

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	46.1080952	7.6846825	2.31	0.0552
tratamiento	6	46.10809524	7.68468254	2.31	0.0552
Error	35	116.3816667	3.3251905		
Total correcto	41	162.4897619			

R-cuadrado: 0.283760  
 Coeficiente de Variación: 56.94233