

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Protección de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Bajo Invernadero en un Suelo
Infestado con *Fusarium oxysporum* Schltdl.

Por:

SAUL ISRAEL RODRÍGUEZ SOSA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Protección de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Bajo Invernadero en un Suelo
Infestado con *Fusarium oxysporum* Schltdl.

Por:

SAUL ISRAEL RODRÍGUEZ SOSA

TESIS

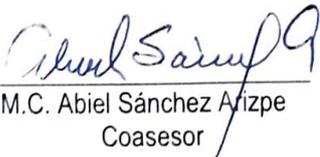
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

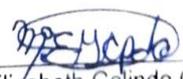
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Epifanio Castro del Ángel
Asesor Principal



M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Coasesor



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2024

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 el autor original (corta y pega); reproducir 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, graficas, mapas o datos sin citar 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 el respectivo titular de los Derechos del Autor.

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

Saul Israel Rodríguez Sosa

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme llegar hasta donde ahora estoy, por darme la fuerza de seguir adelante cuando creía que todo estaba perdido y poder concluir esta etapa tan importante en mi vida.

A mi **Alma Mater** por ser mi segunda casa, gracias por los alimentos que me brindo, un transporte escolar, a su enseñanza y cada conocimiento adquirido. Gracias por tu bondad y cada una de las experiencias vividas en esta gran casa de estudios, por enseñarnos amar a nuestra madre tierra. A donde quiera que valla pondré en alto tu nombre Narro.

Al **Dr. Epifanio Castro del Ángel** por darme la oportunidad de realizar esta investigación, por su apoyo durante este proyecto, por sus consejos como docente y también como amigo. Por cada uno de sus conocimientos compartidos, por su humildad como persona. Por todas esas anécdotas con los amigos y buenos momentos. También le quiero agradecer por apoyarme en esos momentos difíciles por los que pase, por tomarse el tiempo de dedicarme unas palabras de aliento y hacerme saber que no estaba solo. Agradezco y valoro enormemente su amistad.

Al **Dr. Juan Carlos Delgado** por compartir sus conocimientos, experiencias de vida, por el gran Maestro y ser humano que es. Gracias por todos esos momentos buenos con los del Team Mesteño 340. Por cada uno de sus consejos que me brindo y que nunca olvidare. Le agradezco mucho su amistad y su sencillez como persona.

A la **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por su apoyo, por ser una gran maestra, por sus conocimientos compartidos, gracias. De igual forma por la revisión y comentarios al escrito.

Al **M.C. Abiel Sánchez Arizpe** por ser un excelente profesor, por todas esas experiencias compartidas en clase y sobre todo por su humildad y sencillez para enseñar como profesor. De igual manera por la revisión y comentarios al escrito.

A la **T. A. María Cristina Sánchez Flores** por todo el apoyo que me brindo durante el trabajo de investigación en el laboratorio. Gracias por su bonita amistad y por ser una excelente persona.

A la **Dra. Miriam Sánchez Vega** por impartir un curso intensivo y no atrasarme con mis materias. Gracias también por todo su apoyo como profesora y como persona. Gracias por su bonita amistad.

A todos **mis amigos de la Mesteño 340** Edil (Chelix), José Luis (Tamaulipas), Aldo (Ratón), por cada una de las experiencias juntos, por sus consejos, por compartir un plato de comida, una casa donde vivir, por esos momentos difíciles que también pasamos y que a pesar de todo siempre buscábamos la forma para salir adelante. Les doy gracias infinitas por su amistad y que más allá de ser amigos los considero familia.

A **mis amigos de la Manuel W. González** Edgar (chapulín), Brandon (wero), Juan Carlos (puerco), Ismael (belikin) por todo su apoyo, por todos los momentos buenos, por sus consejos. Por siempre ser buenos amigos, por su amistad gracias.

A **Guadalupe** mi novia, por todo su amor, su comprensión y apoyo. Por no dejarme sólo cuando más lo necesite, por cada una de las experiencias compartidas a su lado, por su sencillez y bondad. Gracias por la gran persona que eres como amiga y sobre todo como novia.

A **mis amigos de la universidad**, Leyver, Dago, Aldahir, Aidé, Ale, Mario, Tony, por su amistad, por los buenos momentos que compartimos, por todas esas experiencias y que siempre recordare con una sonrisa.

A **mis amigos de la Prepa**, Valentín (wera), Luis Ángel (Pica), David (el treinta), por su amistad a lo largo de todo este tiempo, por cada una de las anécdotas compartidas, por su todo su apoyo y demostrarme que a los amigos nunca se les deja solos.

A **mis amigas** Carolina Bravo, Jazmín por su amistad desde la prepa, por sus consejos y motivación para ingresar a la universidad, por todo su apoyo gracias. Valoro y estimo muchísimo su bella amistad.

Al **Sr. Carlos Espinoza** por contactarme con un Ing. de la narro y tener la posibilidad de llegar a un lugar para establecerme momentáneamente, por cada uno de sus consejos y motivarme para realizarme como profesional.

DEDICATORIAS

Para mi padre **Ernesto Rodríguez Flores**, a quien siempre amare con todo mi corazón. Gracias por todo su apoyo, por todos sus consejos de vida, por enseñarme a ser una buena persona, simplemente por ser un excelente padre para mí. Quizá no me alcanzo la vida para demostrarle todo lo que he logrado y hasta donde he llegado, pero sé que desde donde quiera que se encuentre debe de estar muy orgulloso de su hijo porque todo lo que soy se lo debo a usted. Gracias por nunca desampararme y ser mi ejemplo a seguir. Siempre vivirá dentro de mi corazón.

Para mi madre **Fausta Rodríguez Sosa** no hay día que no me pese su ausencia, pero usted siempre me demostró que si se puede salir adelante por más dificultades que se presenten. Gracias por todo su amor incondicional, por siempre darme lo mejor yo sé que a veces se limitaba en algunas cosas con tal de ver a sus hijos bien y eso es algo por lo que siempre estaré eternamente agradecido. Este logro es para usted, porque siempre estuvo para mí en todo momento, por su arduo trabajo como mama, hermana e hija. Gracias por ser mi madre y si existiera otra vida la volvería a elegir.

Para mi otra mamá **Balbina Sosa Solís** por estar conmigo siempre, por cuidarme, guiarme, por dame un plato de comida, por siempre acompañarme en el camino. La admiro mucho y le agradezco a Dios por darme la dicha de tener una segunda mamá. Gracias por todo lo que ha hecho por mí y lo mucho que se preocupa. Todo esto se lo debo a ustedes tres, mis padres, que, si no fuera por ustedes por querer lo mejor para mí, por sus consejos, por todo su apoyo quizá no estaría donde estoy ahorita. Gracias por todo. Los quiero y los amo.

Para mis hermanos **Alexis, Adalberto, Martha, Eduardo, Javier, Isaac, Crispín**, por todo su apoyo que me brindan, por siempre estar al pendiente de mí y que nada me faltara. Por sus consejos para superarme y para que lograra todo lo que soy ahora. Gracias infinitas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS	VII
ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XIV
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.1.1. Objetivos específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Cultivo de tomate.....	3
2.1.1. Importancia económica.....	3
2.1.2. Condiciones agroecológicas del cultivo.....	3
2.1.2.1. Temperatura.....	3
2.1.2.2. Humedad relativa.....	4
2.1.2.3. Suelo.....	4
2.1.2.4. Riego.....	4
2.1.3. Problemas fitopatológicos en el tomate.....	4
2.1.3.1 Nematodos.....	5
2.1.3.2. Bacterias.....	5
2.1.3.3. Virus.....	6
2.1.4. Hongos.....	7
2.1.5. Damping-off.....	8
2.1.6. Oomycetes.....	8
2.2. Descripción e importancia de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	9
2.2.1. Taxonomía.....	9

2.2.2. Etiología.....	9
2.3. <i>Fusarium oxysporum</i> como agente causal de la marchitez vascular	10
2.3.1. Signos y síntomas	10
2.3.2. Diseminación	10
2.3.3. Epidemiología.....	11
2.3.4. Razas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	11
2.4. Medidas de prevención.....	12
2.4.1. Control químico.....	12
2.4.2. Control biológico.....	13
2.4.3. Control botánico.....	14
2.4.3.1. Metabolitos secundarios de las plantas.....	14
2.4.3.2. Bioactivos vegetales y su uso	15
2.4.3.3. Métodos de extracción y caracterización de extractos vegetales	15
2.6. Especies vegetales utilizadas	16
2.6.1. <i>Hamelia patens</i>	16
2.6.1.1. Clasificación taxonómica de <i>Hamelia patens</i>	16
2.6.1.2. Origen y distribución.....	17
2.6.1.3 Descripción botánica	17
2.6.1.4. Usos medicinales	17
2.6.1.5. Reporte de usos contra Fitopatógenos	18
2.6.2. <i>Argemone mexicana</i>	19
2.6.2.1. Clasificación taxonómica	19
2.6.2.2. Origen y distribución.....	19
2.6.2.3. Descripción botánica	20
2.6.2.4. Usos medicinales	20
2.6.2.5. Reporte de usos contra Fitopatógenos	20

III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Ubicación del experimento.....	22
3.2. Obtención del fitopatógeno	22
3.3. Preparación de los extractos vegetales	22
3.3.1. Obtención de los extractos crudos de <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	23
3.3.2. Obtención de los extractos crudos de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	23
3.4. Establecimiento del experimento en invernadero	23
3.4.1. Distribución de los tratamientos a evaluar	24
3.4.2. Análisis estadístico	25
3.5. Parámetros agronómicos evaluados en la investigación	25
3.5.1. Porcentaje de emergencia.....	25
3.5.2. Altura y diámetro de planta.....	25
3.5.3. Nutrición de la planta.....	25
3.6. Parámetros a evaluar.....	26
3.6.1. Peso fresco de planta completa	26
3.6.2. Lavado y toma de datos de la raíz.....	26
3.6.3. Rendimiento de frutos, diámetro polar y ecuatorial.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Efecto de los extractos botánicos y bilógicos sobre la emergencia de plantas de tomate	27
4.2. Efecto de los extractos de botánicos y biológicos sobre la altura de planta	28
4.3. Efecto de los extractos botánicos y biológicos sobre el diámetro de tallo en plantas de tomate	29
4.4. Extractos etanólicos y metanólicos de <i>H. patens</i> y <i>A. mexicana</i> y extractos biológicos y su influencia en el peso fresco y seco de plantas de tomate	30

4.5. Efecto en la longitud de raíz con extractos de <i>A. mexicana</i> y <i>H. patens</i> y extractos biológicos	31
4.6. Efecto de los extractos biológicos y botánicos en la promoción del peso radicular	31
4.7. Efecto de los extractos botánicos y biológicos sobre el diámetro polar y ecuatorial en los frutos.....	32
4.8. Efecto de los extractos biológicos y botánicos en el peso de los frutos de tomate extrapolado a Kg/Ha	33
V. CONCLUSIONES	35
VI. LITERATURA CITADA	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fitoquímicos presentes de <i>Hamelia patens</i> con diferentes solventes (Noor <i>et al.</i> , 2020).	18
Cuadro 2. Metabolitos secundarios de Chicalote con actividad antifúngica. ...	21
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos y dosis que se utilizaron en el experimento.	24
Cuadro 4. Resultados de los tratamientos con respecto a las medias de la altura en plantas de tomate.....	28
Cuadro 5. Resultados de los distintos tratamientos con respecto a las medias del diámetro de tallo en plantas de tomate variedad Floradade.....	29
Cuadro 6. Efecto de los extractos biológicos y botánicos en el rendimiento de frutos de tomate.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evaluación de la emergencia en diferentes tratamientos de plantas de tomate bajo invernadero.	27
Figura 2. Evaluación de acuerdo a las medias con respecto al peso fresco de biomasa (barra izquierda) y seco (barra derecha) en los diferentes tratamientos de plantas de Tomate.	30
Figura 3. Longitud radical de plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.	31
Figura 4. Efectos de los extractos biológicos y botánicos en el peso radicular de plantas de tomate bajo invernadero.	32
Figura 5. Efecto de los extractos botánicos y biológicos en el diámetro polar (barra izquierda) y ecuatorial (barra derecha) en frutos de tomates.	33

RESUMEN

El tomate *Solanum lycopersicum* es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, además que se considera uno de los cultivos más rentables, pero su producción se ve afectada por microorganismos fitopatógenos, ya sean; hongos, bacterias, virus y nematodos. Sin embargo, una de las enfermedades que más daño ocasiona y llega a causar grandes pérdidas es la marchitez vascular del tomate ocasionada por *Fusarium oxysporum*. El objetivo de este trabajo fue evaluar la promoción de crecimiento y desarrollo en tomate en un suelo infestado con *F. oxysporum* en condiciones de invernadero mediante la aplicación de extractos biológicos y botánicos. Se evaluaron extractos botánicos concentrados de *A. mexicana* y *H. patens* y extractos biológicos crudos de *T. longibrachiatum*, *T. harzianum* y de *B. amyloliquefaciens* en tres dosis diferentes 1 L/Ha, 2 L/Ha, y 3 L/Ha frente a *F. oxysporum*. Las variables evaluadas fueron, longitud y peso de raíz, diámetro de tallo, altura de planta, peso fresco de la biomasa de la planta, rendimiento de frutos, diámetro polar y ecuatorial. Los extractos concentrados de *H. patens* y *A. mexicana* etanólicos obtuvieron los valores más altos para la emergencia temprana a los 6 DDS en comparación con los demás tratamientos. En general, los extractos biológicos y botánicos tuvieron presencia significativa durante la emergencia de plantas y, además, influyeron en la longitud de raíz, diámetro de tallo, altura de planta, peso fresco de biomasa y en el rendimiento de frutos.

Palabras clave: extractos biológicos, extractos botánicos, incidencia, severidad, promoción de crecimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate *Solanum lycopersicum* es una de las hortalizas más importantes tanto de México como del mundo, debido a su importancia económica como también por ser fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes (SADER, 2022). México es el principal proveedor de esta hortaliza a nivel mundial, con una participación en el mercado internacional de 25.11% del valor de las exportaciones mundiales (SAGARPA, 2017). Sinaloa uno de los mayores productores de tomate en el país con el 23% de la producción sin antes mencionar a San Luis potosí, Michoacán, Baja california, Zacatecas, Morelos, Puebla y Jalisco (USDA 2022).

Los agentes causales que provocan un factor limitante en la producción de tomate, destacan; los hongos, bacterias, virus y nematodos, estos pueden provocar pérdidas importantes como también pueden afectar la calidad comercial (Allende *et al.*, 2017). El hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol), que causa la marchitez vascular en el cultivo de tomate, es uno de los principales a nivel mundial y nacional que más pérdidas económicas ocasiona (Gayosso-Barragán *et al.*, 2021).

Durante mucho tiempo su control se basa principalmente en la aplicación de fungicidas químicos, sin embargo, este tipo de aplicaciones tienen como consecuencia problemas de resistencia además que afectan al medio ambiente (Tucuch-Pérez *et al.*, 2021). Cabe mencionar que dentro de las estrategias para combatir el ataque a enfermedades causadas por fitopatógenos, se encuentra el control biológico, que se basa principalmente en la utilización de microorganismos antagonistas que emplean una acción de biocontrol por medio de diferentes mecanismos (Arrieta, 2023).

Por otra parte, la búsqueda de una o más alternativas que sean confiables y benéficas para el control de enfermedades en los cultivos, destacan el uso de extractos vegetales, aceites vegetales y metabolitos secundarios que se encuentran presentes en las plantas y que gracias a ellos contribuyen a mitigar un efecto negativo a algunos problemas de microorganismos fitopatógenos, esto

debido a su bajo costo, y otro punto importante que cabe destacar es que son amigables con el medio ambiente y la salud humana en general (Villa-Martínez *et al.*, 2015).

1.1. Objetivo general

Evaluar la promoción de crecimiento y desarrollo en tomate *Solanum lycopersicum* variedad Floradade en un suelo infestado con *Fusarium oxysporum* en condiciones de invernadero mediante la aplicación de extractos biológicos y botánicos.

1.1.1. Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de emergencia y la promoción de crecimiento en plantas de tomate tratadas con extractos concentrados de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens*; extractos crudos de *Trichoderma harzianum*, *T. longibrachiatum* y *Bacillus amyloliquefaciens* en un suelo infestado con *Fusarium oxysporum*.

1.2 Hipótesis

Al menos un extracto promoverá el crecimiento y desarrollo de manera significativa en el cultivo de tomate en un suelo infestado con *Fusarium oxysporum* en invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de tomate

El tomate, su origen remonta en América del sur, de las zonas de Chile, Ecuador y Colombia, pero su domesticación comenzó al sur de México y norte de Guatemala (Jaramillo *et al.*, 2006). A nivel nacional e internacional es una de las hortalizas de mayor importancia económica, esto debido a su alta demanda de consumo, al área cosechada y al valor económico de su producción (Escobar, 2010).

2.1.1. Importancia económica

Según (SADER, 2022) menciona que, el jitomate se considera como la hortaliza más importante del país y uno de los cultivos más rentables, con un crecimiento de un 9.5% en al menos los últimos 10 años.

A finales de 2020 se obtuvieron alrededor de 3.27 millones de toneladas de producción, donde se abarca al menos una superficie de más de 45,000 Ha y un consumo que per cápita de 13.4 kilogramos, siendo Sinaloa el principal estado productor, con una producción del 20% del volumen nacional, después de él, le siguen; San Luis Potosí, Michoacán, Zacatecas y Jalisco (Forbes México, 2022).

2.1.2. Condiciones agroecológicas del cultivo

2.1.2.1. Temperatura

Su producción se ve limitada principalmente por el abastecimiento de agua, cantidad de luz (radiación solar) y temperatura, las condiciones óptimas que se requieren para un buen desarrollo de la planta se encuentra entre un rango de 23-25 °C durante el día y 15-17 °C por la noche. Temperaturas que estén por debajo de los 8 °C y por encima de los 30 °C interfieren negativamente en el

desarrollo del tomate y pueden provocar un déficit de fructificación (Arellano, 2017).

2.1.2.2. Humedad relativa

Según Escalona *et al.* (2009) una HR óptima fluctúa entre un 60% y un 80%. A decir que, si se tienen humedades relativas más altas pueden influir en el desarrollo de enfermedades aéreas principalmente y también provocan el rajado del fruto. Por el contrario, cuando se tienen humedades relativas bajas dificultan la fijación del polen en el estigma de la flor.

2.1.2.3. Suelo

Ciertamente el cultivo de tomate crece adecuadamente en un pH de 5.0 a 6.8, con una tolerancia a la acidez y medianamente tolerante a la salinidad, al tener suelos con texturas medias, permeables y sin ningún impedimento físico, nos dan mejores resultados (López, 2017).

2.1.2.4. Riego

Se establece de acuerdo al clima, suelo y desarrollo del cultivo, en general, el tomate es demasiado sensible al estrés hídrico, independientemente del tipo de riego que se utilice, es decir; si el riego se retrasa o la humedad en el suelo baja esto evidentemente se verá afectado en la calidad y rendimiento del cultivo en cuanto a números y tamaños de fruto (Allende *et al.*, 2017).

2.1.3. Problemas fitopatológicos en el tomate

Existen varios agentes causales que limitan la producción y provocan grandes pérdidas en el rendimiento del cultivo, estos pueden ser; hongos, bacterias, virus y nematodos, dependiendo su incidencia y severidad es como se ve afectada la calidad comercial de los tomates (Guzmán *et al.*, 2017).

2.1.3.1 Nematodos

A decir de otra manera o de forma general, los nematodos se consideran los enemigos ocultos, es decir; que no se ven a simple vista, pero sí sus efectos negativos que causan sobre las plantas. Las especies de *Meloidogyne* son unas de las especies más agresivas en el tomate, su daño se ve reflejado en las raíces, afectando principalmente en el transporte de agua y absorción de nutrientes (Verdejo-Lucas *et al.*, 2019).

Pratylenchus se considera el segundo género más importante ya que causa graves pérdidas al tomate, pero realmente este problema es muy poco conocido lo que significa que usualmente sean subestimados a la hora de establecer medidas de control (Salazar-Antón y Guzmán-Hernández, 2013).

2.1.3.2. Bacterias

Por otra parte, las bacterias causan deterioro y son muy agresivas, *Erwinia carotovora*, causante de la pudrición blanda en tomates es una de las más comunes, además de otras especies de *Pseudomonas* y *Xanthomonas* que presentan un modo de acción y signos similares a los que presenta *Erwinia* (Ruiz *et al.*, 2012). En cuanto a *Xanthomonas vesicatoria* se encuentra dentro de un complejo de especies que son causantes de la mancha bacteriana una de las enfermedades más importantes de este cultivo a nivel mundial. La enfermedad se caracteriza por presentar lesiones necróticas en hojas, tallos y frutos, lo que resulta una limitante en la calidad y rendimiento del cultivo (Felipe *et al.*, 2018).

Ralstonia solanacearum causante de la marchitez bacteriana, es una de las enfermedades más devastadoras en varios cultivos incluyendo el tomate, una vez que inicia la infección, la bacteria coloniza la corteza y posteriormente los vasos xilemáticos interfiriendo en el flujo de agua desde la raíz hasta las hojas provocando la marchitez de la planta (González *et al.*, 2009).

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* agente causal del cancro bacteriano, es una de las principales limitantes en la producción de tomate tanto de México como del mundo, uno de sus principales síntomas se presenta en el marchitamiento de los folíolos en plantas de todas las edades. Después de eso, se presentan estrías necróticas que aparecen en la parte inferior del peciolo hasta el punto donde se une con el tallo, finalmente la planta se necrosa y se marchita (Borboa *et al.*, 2009).

2.1.3.3. Virus

Uno de los virus más importantes que afectan el cultivo de tomate se encuentra, el virus del mosaico del tomate (Tomato mosaic virus = ToMV) y pertenece al género Tobamovirus, está presente en todo el mundo y causa daños en cultivares de tomate ya sea al aire libre como protegidos (Aguado *et al.*, 2014). Los primeros síntomas característicos presentan un retraso en el crecimiento de los tejidos foliares y a su vez en la aparición de manchas amarillas en las hojas comúnmente conocidos como mosaicos. Los frutos de plantas afectadas por el virus tienden a ser de menor tamaño, y llegan a mostrar manchas necróticas por lo consiguiente disminuye su valor comercial y causan pérdidas en la productividad (Arias, 2016).

Por otro lado, el virus rugoso del tomate (Tomato brown rugose fruit virus, ToBRFV) también es uno de los más perjudiciales en la producción de tomate, causa la deformación en el desarrollo de las plantas, adquiriendo un aspecto arrugado, en cuanto a los frutos presentan manchas marrones o amarillas con rugosidad y tienden a tener una maduración irregular (Adlercreutz y Salvalaggio, 2023).

Sin embargo, el Tobamovirus del mosaico moteado del tomate (Tomato mottle mosaic virus, ToMMV) se ha demostrado que es una de las especies más recientes caracterizadas y que presentan una rápida propagación a nivel mundial, muestra una distorsión, mosaico, moteado y necrosis en las hojas. En los frutos se puede presentar un mosaico en diferentes tonalidades rojizos,

anaranjados o amarillentos, acompañados por deformaciones y una maduración irregular (Mut, 2021).

También el virus de la marchitez manchada del tomate (Tomato spotted wilt tospovirus, TSWV) fue descubierto al sur de Australia en 1915 y actualmente se encuentra presente en todo el mundo, sus principales síntomas en tomate se presentan como manchas pequeñas de color naranja en la zona media en hojas inferiores y en las hojas maduras suelen ser manchas de color marrón y llegan a morir, además que en los frutos aparecen manchas circulares con anillos característicos. En general la planta se torna enana con hojas dobladas simulando un marchitamiento (López-Cardona *et al.*, 2011).

2.1.4. Hongos

El cultivo de tomate se ve afectado por microorganismos patógenos, de los cuales destaca la presencia de hongos que son una de las principales causas de las enfermedades dentro del cultivo, podemos encontrar, *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Martínez-Ruiz *et al.*, 2019). Así como también *Leveillula taurica* es una enfermedad de gran impacto, y llega a causar pérdidas importantes en la producción (Valenzuela, 2017).

La cenicilla (*Leveillula taurica*) es un hongo que afecta hojas, tallos, flores y frutos, este género se caracteriza por formar micelio interno y externo en su hospedante. Sus síntomas también se pueden observar en el envés de la hoja ya sea porque la densidad de estomas es más alta o porque el microclima es más propicio para el desarrollo de la enfermedad, ya estando en una etapa avanzada las lesiones se tornan cloróticas (Fajardo, 2010).

Tizón temprano (*Alternaria solani*) es un hongo que causa daños principalmente en la parte aérea de la planta en cualquier fase de crecimiento, presenta lesiones extensas y de un color negro en el tallo, además de manchas foliares de un color pardo a negro con halos amarillos alrededor. Llegan a desarrollarse en hojas maduras en la parte baja de la planta (Santibáñez *et al.*, 2015).

Botrytis cinerea agente causal de la “podredumbre gris” es el fitopatógeno que puede llegar atacar al cultivo en cualquier fase de desarrollo, causando pérdidas importantes antes y después de la cosecha (Benito *et al.*, 2000). Llega a ocasionar lesiones necróticas con una apariencia pelosa y gris-parduzca, cuando el tallo también se ve afectado en muchos casos puede causar el marchitamiento de la planta, por otro lado, las lesiones en los frutos son típicamente podredumbres blandas, con zonas blanquecinas en las áreas afectadas (Jones *et al.*, 2001).

2.1.5. Damping-off

El marchitamiento es un problema que se consideró uno de los más graves encontrados en plántulas, principalmente este problema está asociado a patógenos transmitidos por el suelo como un complejo de hongos y oomycetes en los que destacan; *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. y *Phytophthora* spp. Puede afectar desde un 5% hasta un 80% a las plántulas y tener graves pérdidas económicas por el daño directo que ocasiona ya sea en semillas o en plántulas (Lamichhane *et al.*, 2017).

El complejo de especies que causan estas enfermedades provocan la pudrición de semilla, la pudrición preemergente además del marchitamiento postemergente. En su mayoría de los patógenos que causan el marchitamiento también pueden causar enfermedades a medida que la planta avanza a la madurez (Laemmlen, 2022).

2.1.6. Oomycetes

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) una de las mayores amenazas a la que el cultivo de tomate se expone durante todo su ciclo de producción, esta enfermedad puede destruir gradualmente la planta. Su síntoma característico son manchas irregulares de variable tamaño con un color verde oscuro y márgenes pálidos en las hojas en presencia de una alta humedad desarrollan una esporulación blanquecina, los frutos presentan manchas grandes de una tonalidad café-rojizo (Cardona-Piedrahita *et al.*, 2016).

2.2. Descripción e importancia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Fusarium oxysporum se considera un hongo de los más comunes en el suelo, siendo cosmopolita. Su comportamiento es dos tipos; el primero, puede competir con otros hongos saprofitos obligados que afectan la raíz y segundo se comporta como un patógeno importante que interfiere de forma vascular en plantas de muchas especies a nivel mundial (Huarhua, 2018).

2.2.1. Taxonomía

SENASICA (2020) reporta la siguiente taxonomía para *Fusarium oxysporum*.

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium oxysporum* Schltdl

2.2.2. Etiología

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* se caracteriza por producir macroconidios fusiformes, hialinos que miden 2.5-3.3 x 3.5-5.5 µm de tamaño, en su mayoría de dos o tres septos, también presenta microconidias que miden 2.5-4 x 6-15 µm de tamaño, son unicelulares hialinas y ovoides, las clamidosporas se forman en un micelio más viejo (Maurya *et al.*, 2019). Por otra parte, el crecimiento en medios de cultivo varía considerablemente, el micelio se puede observar algodonoso, aéreo o abundante, el color puede cambiar de un blanco a un rozado durazno, púrpura o morado que se vuelve más intenso, la producción de esporas, microconidios y macroconidias se observan de un color naranja o violeta pálido, además de los esporodoquios que son pequeños y de un color marrón claro a oscuro (Huarhua, 2018).

2.3. *Fusarium oxysporum* como agente causal de la marchitez vascular

Es una de las principales enfermedades que tiene como consecuencia efectos fisiológicos dentro de la planta, por mencionar el déficit hídrico, regulaciones en la conductancia estomática, cambios en la fotosíntesis, como también alteraciones en los contenidos de clorofila y su fluorescencia (Carmona *et al.*, 2020). Al menos se disminuye hasta en un 60% del rendimiento y afecta la calidad de los frutos (Ascencio-Álvarez *et al.*, 2008).

2.3.1. Signos y síntomas

El primer síntoma característico de la marchitez vascular se debe a una acumulación de hifas provocando un bloqueo en los vasos de la raíz, se liberan toxinas, geles y la formación de tílides. Una vez que el patógeno invade las raíces y el tallo de la planta se presentan indicaciones típicas de una enfermedad, como epinastia en las hojas, aclaramiento de venas, marchitez y defoliación que aunado a ello pueden dar paso a la muerte total de la planta (Srinivas *et al.*, 2019).

Según INIA (2017) menciona que, el síntoma más común de (*Fo*) se puede observar después de la floración, una marchitez inicial y amarillamiento en las hojas. Otro síntoma característico que se ve al realizar un corte longitudinal del tallo es una decoloración marrón-rojizo en el tejido vascular a base de la planta, a medida que la enfermedad progresa se presenta una marchitez y amarillez en una parte o en toda la planta.

2.3.2. Diseminación

Cabe mencionar que una temperatura óptima para el desarrollo del patógeno es de 28°C, pero si la temperatura de suelo es óptima y la temperatura del aire es inferior a la del suelo esto tendrá como consecuencia que el patógeno se extenderá a la parte inferior de la planta y no se presentaran síntomas externos, y también que, el agua de riego, el material de trabajo, y el movimiento humano alrededor de los campos infectados son formas en las que se puede propagar el

hongo (Bawa, 2016). Otra manera es por medio de partes vegetativas infestadas o ya sea través de suelo adherido en plantas enfermas una vez que el suelo se infesta permanece así indefinidamente (Vásquez-Ramírez y Castaño-Zapata, 2017).

2.3.3. Epidemiología

El proceso de la enfermedad es complejo, se observa al inicio en la raíz una interacción de huésped-patógeno después una unión del patógeno con la superficie de la raíz, seguido de la invasión al tejido vascular y corteza de la raíz y finalmente con una exudación de toxinas y factores de virulencia (Salas *et al.*, 2022). La producción de proteínas y micotoxinas hacen que se inactiven las defensas de los huéspedes permitiendo que el micelio del hongo se acumule en el xilema y esto a su vez impide el paso de agua y nutrientes hacia las hojas y frutos (Castillo-Sanmiguel *et al.*, 2022).

Su gran capacidad de supervivencia que tiene le ayuda a permanecer en condiciones difíciles esto debido a sus estructuras de resistencia conocidas como clamidosporas y puede llegar a vivir incluso sin la presencia del huésped (Srinivas *et al.*, 2019).

2.3.4. Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Actualmente se conocen tres razas, la raza 1 fue descrita por primera vez en Inglaterra en 1886, la raza 2 se identificó en 1945 en Ohio, y para la raza 3 fue descrita inicialmente en Queensland Australia en 1978 y se ha observado en Estados Unidos de América y en México, además que, se ha demostrado capaz de atacar los cultivares con los loci de resistencia para las razas 1 y (1-2) (Hernández *et al.*, 2014).

2.4. Medidas de prevención

Una de las estrategias que se deben implementar es el uso de cultivares resistentes, se considera uno de los avances más importantes para el control de esta enfermedad. Por otra parte, el uso de semilla certificada también es una práctica utilizada, sin dejar a un lado las técnicas de solarización de suelo, las selecciones del sitio de siembra para poder evitar suelos con pH ácidos nos ayudan a evitar pérdidas severas en el cultivo a causa de esta enfermedad (Delgado, 2019).

Al respecto, Segura y Torres (2020) mencionan que, el control de la marchitez vascular es complicado, sobre todo cuando las condiciones ambientales son favorables para el hongo. Es importante la rotación de cultivos especialmente con gramíneas y así poder reducir el inóculo, es una alternativa más para reducir la incidencia del patógeno.

2.4.1. Control químico

Regularmente es uno de los más conocidos y de los que más se utiliza para el control de enfermedades en los diferentes cultivos, el tratamiento dirigido a semillas con fungicidas sintéticos reduce considerablemente la incidencia de la marchitez vascular en tomate. Sin embargo, los usos de pesticidas convencionales generalmente son más efectivos contra patógenos que afectan las partes aéreas de las plantas que sus contrapartes del suelo (Bawa, 2016).

Adoptar nuevas estrategias de manejo para el control de *Fusarium* es de suma importancia. Sin embargo, el uso de plaguicidas sintéticos tales como: procloraz, propiconazol, tiabendazol, carbendazim, tiofanato de metilo, benomilo, fuberidazol, y todos los benzimidazoles por mencionar algunos ayudan a mitigar la problemática contra *F. oxysporum*, además que, el uso de carbendazim en plántulas de tomate infestadas con marchitez condujo a un aumento en al menos un 24% el en rendimiento (Maurya *et al.*, 2019).

Por otro lado, el uso excesivo de estos productos puede causar resistencia con nuevas cepas patogénicas y dejar residuos tanto en suelo como en el agua (Vázquez-Ramírez y Castaño-Zapata, 2017).

También el control de la enfermedad se realiza por medio de la aplicación de bromuro de metilo dirigida al suelo antes de la siembra. Cabe mencionar que, el bromuro de metilo fue clasificado como un producto que agota la capa de ozono y su uso quedó prohibido indudablemente, es por ello que los riesgos que existen para la salud humana, seguridad alimentaria y el medio ambiente son de suma importancia (Ajilogba y Babalola, 2013).

2.4.2. Control biológico

El control biológico fue descrito a inicios del siglo XIX, actualmente se puede definir como la acción de parásitos depredadores o patógenos a fin de mantener la población de otros organismos perjudiciales a un nivel bajo (Guédez *et al.*, 2008). A medida que los sistemas productivos crecen y se intensifican, fortalece la existencia de desarrollar estrategias de manejo que sean más sustentables como rentables. La protección del medio ambiente, los recursos naturales y la salud humana impulsan al surgimiento de investigaciones que vayan dirigidas hacia la búsqueda de alternativas como el control biológico a manera de disminuir y anular el impacto negativo de distintas plagas y enfermedades que tienen sobre las plantas y los suelos (Pérez, 2018).

Es importante mencionar que existen un grupo importante de hongos y bacterias que se caracterizan por presentar efectos antagónicos con otros microorganismos y esta acción puede ser tomada en forma de control biológico contra fitopatógenos. Entre los microorganismos más importantes se encuentran los hongos de los géneros, *Gliocladium* y *Trichoderma*, siendo este último el que más se utiliza contra patógenos del suelo. Para bacterias destacan los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* (Pérez, 2013).

Existen reportes como estrategias biológicas contra *Fusarium*, como la inmersión de la raíz de plántulas antes del trasplante en suspensiones de *Paenibacillus lentimorbus* y *Trichoderma* spp. disminuyeron los riesgos para la contaminación ambiental y para la salud humana (Duarte *et al.*, 2013).

Por su parte, Segura y Torres (2020) mencionan que en un experimento realizado bajo invernadero se comprobó que el uso combinado con ácido húmico y de *Bacillus cereus*, *Azotobacter* sp, y *Bacillus megaterium* pueden reducir la marchitez vascular en tomate.

2.4.3. Control botánico

Las plantas generan compuestos que tienen propiedades antimicrobianas y se pueden utilizar para el control de enfermedades en diferentes cultivos, incluso pueden protegerse de sí mismas. Dependiendo de las condiciones es como van actuar los extractos vegetales, *in vivo* varía de acuerdo en función de la metodología de preparación y del órgano de la planta, *in vitro* el extracto inhibe el crecimiento, esporulación y germinación de esporas. Es por ello, que es importante el estudio de sus compuestos activos para su empleo contra los diferentes fitopatógenos (Hernández *et al.*, 2007).

2.4.3.1. Metabolitos secundarios de las plantas

Como parte de la protección química y otra estrategia utilizada de las plantas es la producción de metabolitos secundarios, algunos de estos compuestos se encuentran dentro del grupo de los alcaloides, los terpenoides, y los fenilpropanoides, tienen gran participación erradicando directamente al microorganismo patógeno o restringiendo su invasión al resto de la planta (Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003).

Difieren muchas funciones y aplicaciones de los metabolitos secundarios, como: medicamentos, perfumes, insecticidas, herbicidas, colorantes entre otros, en la parte ecológica se pueden utilizar como repelentes o atrayentes también como protectores hacia organismos predadores. Otra de sus funciones importantes es

que actúan en los mecanismos de defensa de las plantas hacia diferentes patógenos como pesticidas naturales (Ávalos y Pérez-Urria, 2009).

2.4.3.2. Bioactivos vegetales y su uso

Varios investigadores refieren la eficacia de los alcaloides como deshidrocoridalmina y la oxiberberina aislados de *A. mexicana* contra la germinación de esporas de algunos hongos patógenos de los cultivos. En estudios posteriores se reportó que el alcaloide deshidrocoridalmina inhibió la germinación total de hongos a concentraciones de 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 ppm para *Alternaria cajani*, *Bipolaris* sp. *Helminthosporium* sp. *Fusarium udum* y *Curvularia* sp. Mientras que el alcaloide oxiberberina inhibió un 100% de la germinación de esporas de *Bipolaris* sp. y *Curvularia* sp. a 5 000 ppm (Singh *et al.*, 2009).

Según Brahmachari *et al.* (2013) menciona que, también el alcaloide N-demetiloxisanguinaria aislado del extracto de cloroformo de *A. mexicana*, presenta una actividad antimicrobiana contra *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* con un valor de concentración mínima inhibitoria que varía entre un 1,5625 y 3,1250 mg/mL. Por otra parte, como resultado de una evaluación de tres alcaloides de isoquinolina, hidróxido de dihidropalmatina, berberina y protopina aislados respectivamente de semillas de *Argemone mexicana*, mostraron actividad inhibitoria contra la espermatogénesis en perros.

2.4.3.3. Métodos de extracción y caracterización de extractos vegetales

El proceso por el cual se obtienen los extractos vegetales es variado, se llegan a obtener a partir de los órganos vegetales y reproductivos de las plantas, ya sea a partir de raíces, tallos, brotes, hojas, flores y frutos. Existen diferentes técnicas de extracción, tales como: la percolación, el arrastre con vapor y por medio de la extracción de soxhlet se emplean diferentes solventes donde a partir de ellos se obtienen extractos etanólicos, acuosos y también aceites esenciales (Mesa *et al.*, 2019).

Su capacidad de extracción depende principalmente del disolvente, de su forma natural y preparación de material a extraer, igual que de la estructura química que cuenten los compuestos, temperatura y relación sólido-líquido. La extracción asistida por ultrasonido (UAE) es mucho más rápida que los métodos tradicionales de extracción, debido a la reducción de tamaño de las partículas y a una elevada superficie de contacto entre la fase sólida y líquida. Por su parte, la extracción asistida por microondas (MAE) ofrece una entrega inmediata con respecto al volumen de disolvente y matriz vegetal y con un calentamiento posterior de ambos de una forma eficiente y homogénea (Guntero *et al.*, 2015).

2.6. Especies vegetales utilizadas

2.6.1. *Hamelia patens*

Se le conoce comúnmente como “pelirrojo”, “escarlata” o “arbusto de fuego” es un arbusto perenne que se adapta al sol como a la sombra. Se pueden utilizar las hojas, tallos, flores, raíz, semillas e incluso la planta entera de *Hamelia patens*. Puede llegar a crecer hasta unos 6 pies de altura (Ahmad *et al.*, 2012).

2.6.1.1. Clasificación taxonómica de *Hamelia patens*

Según de Haase (2016) reporta la clasificación de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rubiaceae

Familia: Rubiaceae

Género: *Hamelia*

Especie: *patens* Jacq.

2.6.1.2. Origen y distribución

Su origen va desde el sur de Estados Unidos (Florida) hasta Argentina, también se considera nativa de México y llega a crecer en climas tropicales y subtropicales (Gracia, 2009). En México se encuentra distribuida principalmente en los estados de Campeche, Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Rugiero, 2018).

2.6.1.3 Descripción botánica

Se considera un arbusto de no más de 2 m de altura, el tallo es de color café mientras que sus hojas abundantes simples u opuestas o también verticiladas, regularmente tres en el nudo, de margen entero y el haz tienen un color verde oscuro y en el envés un verde claro, miden alrededor de 14 a 20 cm. Sus flores son perfectas con una corola tubular de color rojo-anaranjado, el fruto es globoso y sus semillas son de color café (Carrillo *et al.*, 2014).

2.6.1.4. Usos medicinales

Noor *et al.* (2020) menciona que, se utiliza principalmente contra una diversa gama de enfermedades como picaduras de insectos, pie de atleta, trastornos psiquiátricos, reumatismo, dolor de cabeza, asma, disentería, menstruaciones, trastornos ováricos entre otros. También tiene varios efectos terapéuticos como antiinflamatorio, analgésico, antidepresivo y diurético todo esto gracias a los componentes químicos que posee la planta.

Cuadro 1. Fitoquímicos presentes de *Hamelia patens* con diferentes solventes (Noor *et al.*, 2020).

Extracto acuoso	Extracto etanólico	Extracto metanólico
Alcaloides	Alcaloides	Alcaloides
Carbohidratos	Taninos	Taninos
Flavonoides	Glucósidos	Glucósidos
Glucósidos	Saponinas	Saponinas
Fenoles	Esteroides	Esteroides
Proteínas	Terpenoides	Terpenoides
Quinonas	Flavonoides	Flavonoides
Saponinas	Flobatoninos	Flobotaninos
Esteroides	Fitoesteroles	
Terpenoides	Cumarinas	
Fitoesteroles	Quinonas	
Flobataninos		

2.6.1.5. Reporte de usos contra Fitopatógenos

Kaushik y Singh (2020) mencionan que se realizaron estudios del potencial antifúngico de los extractos acuosos de hojas, flores y frutos contra *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* reportando que los extractos de hojas y frutos fueron efectivos al 10% contra los mismos, mientras que el extracto de flores fue efectivo al 100% para *F. oxysporum* y *R. solani*, por otro lado, el extracto de frutos presento una inhibición de todas las cepas de los hongos.

Por su parte, Duque (2008) menciona que en un experimento realizado a partir de extractos butanolicos de *Hamelia patens* (1, 3 y 5) % y otras especies presentaron una actividad antifúngica frente a *Candida albicans*. Mientras que para *Aspergillus niger* no se presentó ninguna susceptibilidad a los extractos evaluados.

Aunado a ello, Kanchana *et al.* (2020) reportan que en un estudio realizado del extracto de tallo de *Hamelia patens* reporto una efectiva actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* y *E. coli*. Además, que el extracto cloroformo mostro una zona de inhibición mínima de 5.1 y 5.2 mm respectivamente contra ambos.

2.6.2. *Argemone mexicana*

Es considerada una de las especies vegetales más importantes dentro del sistema de medicina tradicional, se considera una maleza exótica autóctona de América de sur. Además, que la planta es fuente de diversos tipos de componentes químicos tales como los alcaloides que abundan en su mayoría (Brahmachari *et al.*, 2013).

2.6.2.1. Clasificación taxonómica

Según Pathak *et al.* (2021) describe la taxonomía de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Filo: Angiosperma

Clase: Eudicots

Orden: Ranunculales

Familia: Papaveraceae

Género: *Argemone*

Especie: *mexicana*

2.6.2.2. Origen y distribución

Argemone mexicana es originaria de América Tropical y se distribuye principalmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo, puede llegar a crecer en campos de cultivo, orillas de camino y terrenos baldíos (Priya y Rao, 2012). En México se encuentra principalmente en los estados de Aguascalientes,

Chihuahua, Chiapas, Durango, Coahuila, Colima, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, entre otros (Vibrans *et al.*, 2009).

2.6.2.3. Descripción botánica

Pertenece a la familia de las Papaveraceae contiene alrededor de 35 especies. Este género llega a medir de 80 cm a 1.20 m de altura, sus tallos son azulosos-blanquecinos y espinosos, cuando se les realiza un corte desprende un látex lechoso de color amarillo. Las hojas presentan divisiones y con una espina en la parte terminal, sus flores se disponen de manera solitaria y llegan a ser de color amarillo, crema o blanco (Hernández *et al.*, 2020).

2.6.2.4. Usos medicinales

Se emplea para el tratamiento de tumores, verrugas, enfermedades de la piel, hemorroides, reumatismo, inflamaciones y otras más. Por su parte, con la decocción de hojas se puede curar la fiebre palúdica y las úlceras, además, que las semillas nos ayudan contra la lepra y la hidropesía. Por último, el jugo de la planta se utiliza como remedio contra la picadura de escorpión (Priya y Rao, 2012).

El aceite de las semillas es muy útil para el tratamiento de problemas de la piel y como purgante. Por otro lado, el látex sirve para tratar el asma, bronquitis y conjuntivitis, también para curar las heridas o para la remoción de cataratas (Hernández *et al.*, 2020).

2.6.2.5. Reporte de usos contra Fitopatógenos

Hernández *et al.* (2022) difieren que dentro de los principales componentes químicos de *A. mexicana* destacan los alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenoles, algunos compuestos alifáticos de cadena larga y otros compuestos aromáticos.

Cuadro 2. Metabolitos secundarios de Chicalote con actividad antifúngica.

Fitoquímico	Hongo fitopatógeno	Enfermedad
Compuestos fenólicos	<i>Sclerotinia sclerotium</i>	Podredumbre algodonosa
Compuestos fenólicos	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	Marchitez vascular Damping off
Alcaloides	<i>Aspergillus flavus</i>	Micotoxinas
Alcaloides, ácido tánico, caféico y ferúlico.	<i>Alternaria solani</i> <i>Ustilago cynodontis</i> <i>Cercospora cajani</i>	Tizón temprano Carbones Manchas Foliares

Los extractos del látex de *A. mexicana* evidencian una actividad antifúngica muy elevada, mediante una prueba de Kirby Bauber con dos especies de hongos del genero *Botrytis cinerea* y *Cladosporium spp* mostraron una inhibición de crecimiento muy marcada de dichos patógenos. Esto constituye una fuente promisoría de compuestos bioactivos frente a fitopatógenos que afectan a cultivos de interés comercial (Curay *et al.*, 2023)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología, del Departamento de Parasitología, de igual manera en el invernadero 2 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

3.2. Obtención del fitopatógeno

El experimento se realizó en macetas con un suelo infestado de *Fusarium oxysporum* que se utilizaron en un experimento anterior y cuando se estableció dicho experimento se inoculó el fitopatógeno, y para el nuevo experimento se cercioró que realmente el suelo estuviera infestado por el hongo ya que se realizaron siembras de suelo y todas las muestras presentaron evidencia de *Fusarium*.

3.3. Preparación de los extractos vegetales

Las plantas utilizadas fueron *A. mexicana* y *H. patens*, las cuales se colectaron en los campos de la UAAAN y en la Huasteca Veracruzana respectivamente.

En el Laboratorio de Fitopatología, las plantas obtenidas se cortaron separando tallos y hojas, posteriormente se pulverizaron en una licuadora hasta obtener un polvo fino, el cual se mantuvo en frascos de vidrio cubiertos con papel estraza para evitar la entrada de luz.

Para la preparación de extractos se utilizó etanol (Et-OH) y metanol (Met-OH), el cual en matraces de 1000 mL se agregaron 70 gr del polvo y 700 mL de solvente, enseguida se llevaron a una placa termoagitadora donde se mantuvieron en agitación durante 8 días, al cumplir el tiempo indicado se filtraron en papel filtro Whatman número 2, se envasaron y se llevaron a concentrar a un rotovapor.

Terminada la filtración se pasaron a un matraz bola el cual se llevó a un evaporador rotatorio (Yamato) a una temperatura de 82 °C para Et-OH y 78°C para Met-OH durante aproximadamente 4 horas, al terminar se vertieron en tubos Falcon de 50 mL los cuales se cubrieron con aluminio, se etiquetaron y se mantuvieron en refrigeración hasta su utilización.

3.3.1. Obtención de los extractos crudos de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum*.

Para la producción de los metabolitos secundarios, en condiciones de asepsia, se colocaron cuatro discos de 4 mm de agar con micelio de *Trichoderma* spp en matraces de 1000 mL con caldo papa dextrosa adicionado con levadura manteniéndolos de manera estática durante 12 días. Posteriormente se pasaron por una licuadora para fraccionar finamente el micelio e integrarlo con los conidios y el extracto. Se guardaron en matraces de 500 mL cubriéndolos con aluminio para evitar el paso de luz y se mantuvieron a 4°C hasta su utilización.

3.3.2. Obtención de los extractos crudos de *Bacillus amyloliquefaciens*

La producción de metabolitos secundarios, se inició en una campana de flujo laminar, raspando suavemente con un asa de Kolle en una colonia de *B. amyloliquefaciens* para después agitarla en un caldo de papa más dextrosa anteriormente realizada. Se dejó en condición estática a temperatura ambiente por 7 días. Posteriormente se pasaron por una licuadora para integrar homogéneamente las células bacterianas y el extracto. Se guardaron a 4°C hasta su utilización.

3.4. Establecimiento del experimento en invernadero

La semilla que se utilizó en esta investigación fue de la variedad Floradade, y se obtuvo por medio de mismos investigadores en la Universidad. Se realizó una siembra directa en las bolsas tipo maceta que ya anteriormente se habían utilizado en otro experimento, cabe mencionar que antes de realizar la siembra se establecieron los tratamientos, es decir, que en centro de cada maceta por

medio de un hueco se colocaron 20 mL de cada uno de los tratamientos respectivamente y se dejó pasar un lapso de 4 horas. Una vez transcurrido el tiempo se colocaron dos semillas por golpe en cada una de las macetas. En el cuadro 1 se reportan los tratamientos que se establecieron en la investigación.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos y dosis que se utilizaron en el experimento.

Tratamientos	Descripción	Dosis
F1 (Et-OH-Am)	Extracto etanólico de <i>Argemone mexicana</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F2 (Met-OH-Am)	Extracto metanólico de <i>Argemone mexicana</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F3 (Et-OH-Hp)	Extracto etanólico de <i>Hamelia patens</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F4 (TI)	Extracto crudo de <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F5 (Químico)	ExodusMax	1L/Ha
F6 (Patógeno)	<i>F. oxysporum</i>	-
F7 (Th)	Extracto crudo de <i>Trichoderma harzianum</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F8 (Met-OH-Hp)	Extracto metanólico de <i>Hamelia patens</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F9 (B53)	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3L/Ha, 2L/Ha, 1L/Ha
F10 (Testigo)	Testigo absoluto	-

3.4.1. Distribución de los tratamientos a evaluar

Las macetas se acomodaron en el invernadero utilizando un diseño completamente al azar, nuestra unidad experimental fue una planta por maceta. La segunda aplicación consistió en la aplicación de 2 L/Ha y se realizó dos meses después de la siembra y la tercera fue de 1 L/Ha 15 días después de la segunda aplicación. Se repitió el mismo procedimiento para cada extracto, excepto para

el producto comercial, a razón que se aplicó preferentemente la dosis recomendada por la empresa la cual establecía 1 L/Ha.

3.4.2. Análisis estadístico

Las medias de las variables 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.

3.5. Parámetros agronómicos evaluados en la investigación

3.5.1. Porcentaje de emergencia

Después de 6 días que fue la siembra, en algunos tratamientos ya había un mínimo porcentaje de emergencia de las plantas, pero fue hasta el día 8 donde se tomaron los datos puesto que en la mayoría de tratamientos ya se observaban las plantas emergidas. Se tenía que observar un 50% y más de emergencia para tomar en cuenta el dato.

3.5.2. Altura y diámetro de planta

Se realizó con ayuda de una cinta métrica y un vernier, se tomaron los datos de la altura y diámetro de tallo dos meses después de la siembra, para el caso del diámetro se tomó como referencia el nivel superior de la bolsa y de ahí mismo fue para la altura hasta las hojas más jóvenes que presentaba la planta. Fueron 4 tomas de datos con un lapso de 20 días entre una y otra.

3.5.3. Nutrición de la planta

Se utilizó un fertilizante orgánico para esta investigación el cual fue Acadian, su elaboración se basa principalmente de algas marinas, aplicando una dosis de 1.5 L/Ha como dosis recomendada del producto, agregando 400 mL por planta

durante todo el periodo que estuvo establecido el experimento. Con un intervalo de aplicación de 8 días.

3.6. Parámetros a evaluar

3.6.1. Peso fresco de planta completa

Con ayuda de una navaja se realizó un corte en tallo a nivel superior de la bolsa, se retiró el tutor y se llevó al laboratorio de fitopatología donde posteriormente con una balanza analítica se pesó cada planta del tratamiento y repetición.

3.6.2. Lavado y toma de datos de la raíz

Primeramente, se retiró el sustrato de la maceta y se colocó en el suelo firme del invernadero, después con ayuda de una cubeta con agua se fue remojando la raíz para quitar todo el suelo posible de la misma una vez limpias se identificaron con el número de repetición y tratamiento al que pertenecían. Se llevaron al laboratorio y en una balanza analítica y una cinta métrica se tomaron medidas de peso y longitud de raíz.

3.6.3. Rendimiento de frutos, diámetro polar y ecuatorial

Se recolectaron los frutos de cada uno de los tratamientos y se llevaron al laboratorio de fitopatología donde se pesaron en una balanza analítica todos los frutos por tratamiento. Posteriormente con ayuda de un vernier se tomaron las medidas con respecto al Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de los frutos, se seleccionaron los frutos que estuvieran en un tamaño promedio con buena apariencia y con un grado de madurez uniforme de cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de los extractos botánicos y bilógicos sobre la emergencia de plantas de tomate

En la Figura. 1 se puede observar que a los 6 días después de la siembra (DDS) los extractos de *H. patens* y *A. mexicana* tienen un efecto positivo anticipando la emergencia en plantas de tomate de la variedad Floradade en comparación con el testigo absoluto el cual no presentó emergencia en esa toma de datos. Por su parte, Vargas *et al.* (2022) realizaron un estudio donde indicaron que el extracto vegetal de *Cleome viscosa* tiene un efecto estimulante en la germinación de dos variedades de tomate (Pingüino y Radiante) lo cual difieren que el tiempo de germinación fluctúa entre un 25 y 69, mientras que el porcentaje de germinación entre el 64 y 100 %. En el mismo contexto Laynez-Garsaball y Méndez-Natera (2007) señalan que el extracto acuoso de *Cyperus rotundus* L. en concentraciones de 0.5 y 1.0 % mostraron diferencia significativa sobre el porcentaje de germinación en semillas de ajonjolí variedad Arapatol S-15 con respecto al testigo.

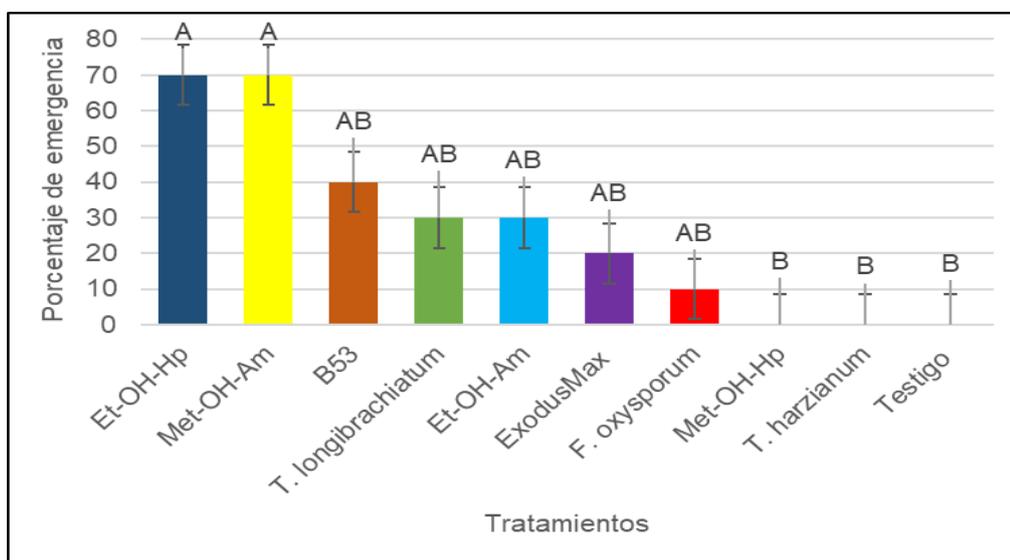


Figura 1. Evaluación de la emergencia en diferentes tratamientos de plantas de tomate bajo invernadero.

4.2. Efecto de los extractos de botánicos y biológicos sobre la altura de planta

Con relación a las medias de tratamientos de la variable altura de planta, los resultados se reportan en el Cuadro No. 4. Podemos observar que las plantas tratadas con extractos crudos de *Trichoderma longibrachiatum* presentan los valores más altos ($P>0.05$) seguido por el tratamiento comercial, respecto al testigo absoluto. En tercer lugar, se encuentra el tratamiento de *Argemone mexicana* metanólico y al final se posiciona el tratamiento de patógeno libre de aplicación. Al respecto, se puede mencionar que *T. longibrachiatum* y *A. mexicana* promueven el crecimiento de plantas de tomate variedad Floradade. Por su parte, Tucuch *et al.* (2021) compararon la actividad biológica de extractos vegetales contra el patógeno *F. oxysporum* en un cultivo de tomate y observaron un crecimiento de planta de 80.5 cm con el uso del extracto *Lippia graveolens* respecto al testigo. En el mismo contexto, Sánchez (2022) hace referencia con respecto a los aislados de *T. harzianum* y *T. viride* que presentaron el mayor potencial promotor de crecimiento en el cultivo de tomate obteniendo al menos un 38.8% y 22.6% en altura comparándose con el testigo. En otro estudio, Calderón (2023) menciona que, los extractos etanólicos de *H. patens* y *A. mexicana* promueven un crecimiento de plantas al mejorar la longitud de tallo, sin embargo, el extracto metanólico de *A. mexicana* presentó las medidas más altas sobre la altura durante los primeros 60 días en el cultivo de tomate.

Cuadro 4. Resultados de los tratamientos con respecto a las medias de la altura en plantas de tomate.

Tratamiento	Media	Agrupación
<i>T. longibrachiatum</i>	130	A
ExodusMax	128	A
Met-OH-Am	125	A
Testigo	125	A
Met-OH-Hp	124.4	A
B53	113.6	A
Et-OH-Am	111.2	A
<i>T. harzianum</i>	110.6	A
Et-OH-Hp	109	A
<i>F. oxysporum</i>	97.8	A

4.3. Efecto de los extractos botánicos y biológicos sobre el diámetro de tallo en plantas de tomate

De acuerdo con las medias de los tratamientos de la variable del diámetro de planta, los resultados obtenidos se reportan en el Cuadro 5. se muestra que el tratamiento comercial ExodusMax sobresale con un ligero aumento de 0.3 % en comparación con *T. longibrachiatum* y con 1.41 % sobre el extracto etanólico de *H. patens* con respecto al diámetro de tallo. Se puede mencionar que *T. longibrachiatum* y el extracto etanólico de *H. patens* tienen un efecto estimulante de acuerdo al testigo absoluto y al patógeno libre de aplicación. Es por ello que Díaz (2023) en un trabajo de investigación hace hincapié que el extracto etanólico de *H. patens* observó un resultado positivo relacionado con la altura y diámetro en plantas de tomate de la variedad Río grande. Por su parte, Calderón (2023) menciona que, los extractos etanólicos y metanólicos de *A. mexicana* y *H. patens* tienen gran relevancia en el crecimiento de diámetro de tallo en plantas de tomate con relación al testigo absoluto. Por otro lado, Gómez (2023) difiere que el extracto metanólico de *Solanum elaeagnifolium* presenta un efecto favorable en el desarrollo del tallo en plantas de papa con diferencia significativa a los demás tratamientos. Mientras tanto Castro-del-Ángel (2019) menciona que, dos formulaciones bacterianas a base de cepas del género *Bacillus* mostraron un efecto significativo en la altura de planta y diámetro de tallo en plantas de frijol inoculadas con *R. solani* y *F. oxysporum*.

Cuadro 5. Resultados de los distintos tratamientos con respecto a las medias del diámetro de tallo en plantas de tomate variedad Floradade.

Tratamiento	Media	Agrupamiento
ExodusMax	7.10	A
<i>T. longibrachiatum</i>	7.08	A
Et-OH-Hp	7.00	A
Met-OH-Hp	6.75	A
Testigo	6.71	A
B53	6.56	A
<i>T. harzianum</i>	6.42	A
Et-OH-Am	6.37	A
Met-OH-Am	6.36	A

4.4. Extractos etanólicos y metanólicos de *H. patens* y *A. mexicana* y extractos biológicos y su influencia en el peso fresco y seco de plantas de tomate

En la Figura. 2 se logra apreciar que el extracto crudo de *T. longibrachiatum* mostró una diferencia de al menos 17.1 % de acuerdo con el tratamiento del patógeno libre de aplicación y apenas por encima del testigo absoluto con tan solo 0.78 %. Se puede mencionar que *T. longibrachiatum* tiene una influencia positiva en el peso fresco de plantas de tomate. Aunado a ello, Díaz (2023) reporta que el extracto etanólico de *H. patens* presentó una diferencia de 10 gr aproximadamente con respecto a los demás tratamientos en el peso fresco de biomasa de plantas de tomate de la variedad Río grande. Por otro lado, Calderón (2023) hace hincapié que el extracto etanólico de *A. mexicana* tuvo un efecto positivo por encima de los 350 gr en el peso fresco de la biomasa sobre los demás tratamientos en plantas de tomate de la variedad Río grande. En el mismo contexto, Castro-del-Ángel (2021) menciona que, el género *B. amyloliquefaciens* en ausencia de *Fusarium verticillioides* incrementa el peso fresco del fruto, diámetro de tallo y en peso seco de biomasa aérea en comparación con el testigo en el cultivo de maíz.

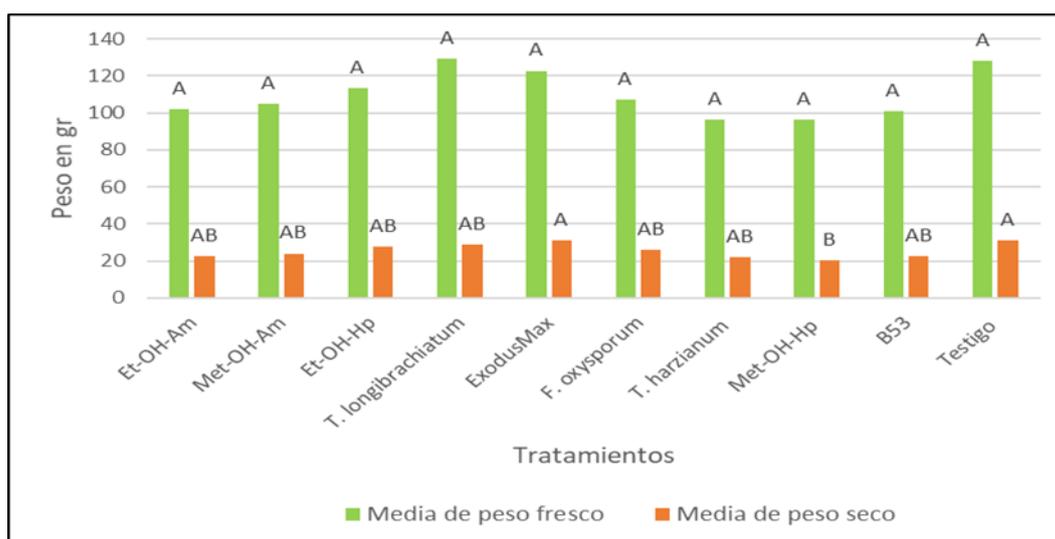


Figura 2. Evaluación de acuerdo a las medias con respecto al peso fresco de biomasa (barra izquierda) y seco (barra derecha) en los diferentes tratamientos de plantas de Tomate.

4.5. Efecto en la longitud de raíz con extractos de *A. mexicana* y *H. patens* y extractos biológicos

Los resultados que se muestran en la Figura 3, presentan que el extracto metanólico de *H. patens* el cual mostró un 37% más de crecimiento, seguido del patógeno con un crecimiento del 21% y en tercer lugar se encuentra el tratamiento con el control químico con tan solo el 12% más sobre el crecimiento en comparación del testigo. Por su parte, Díaz (2023) en una investigación que realizó encontró que los extractos etanólicos de *H. patens* y *A. mexicana* presentaron un crecimiento del 49% y del 41% más sobre el testigo, todo esto en la promoción de crecimiento de raíz en plantas de tomate de la variedad Río grande. Mientras que, Calderón (2023) encontró que el extracto metanólico de *A. mexicana* obtuvo una diferencia positiva en el crecimiento de raíz, alcanzando los 70 cm de longitud mientras que el tratamiento del testigo y del producto comercial se quedaron por debajo de los 50 gr.

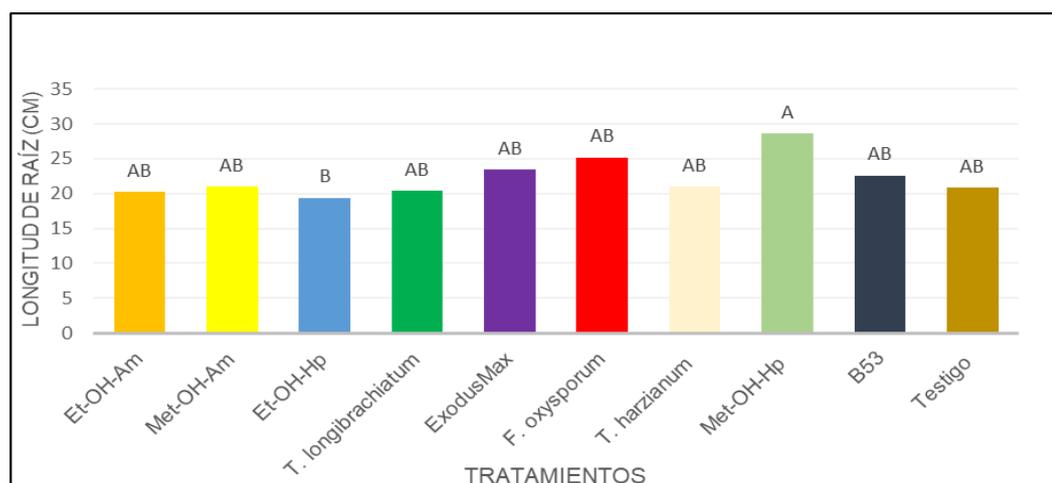


Figura 3. Longitud radical de plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.

4.6. Efecto de los extractos biológicos y botánicos en la promoción del peso radicular

En la Figura. 4 se muestran los resultados con respecto al peso radicular de las plantas, en el que destaca el extracto etanólico de *H. patens* con un resultado positivo apenas por encima del testigo absoluto, seguido del tratamiento con el producto comercial. Por su parte Díaz (2023) menciona que, el extracto etanólico de *H. patens* junto con el testigo mostraron una semejanza con respecto al

extracto etanólico de *A. mexicana* en la promoción del peso radicular de plantas de tomate. De igual manera, López-Padrón *et al.* (2020) hace hincapié que al utilizar algas marinas pueden tener un gran beneficio, al estimular el crecimiento, además, que favorecen la actividad antimicrobiana del suelo y mejoran la absorción de nutrientes por las raíces. Sin embargo, Calderón (2023) difiere que el extracto etanólico de *A. mexicana* tuvo un mayor efecto sobre el testigo y el producto comercial en el peso radicular de plantas de tomate.

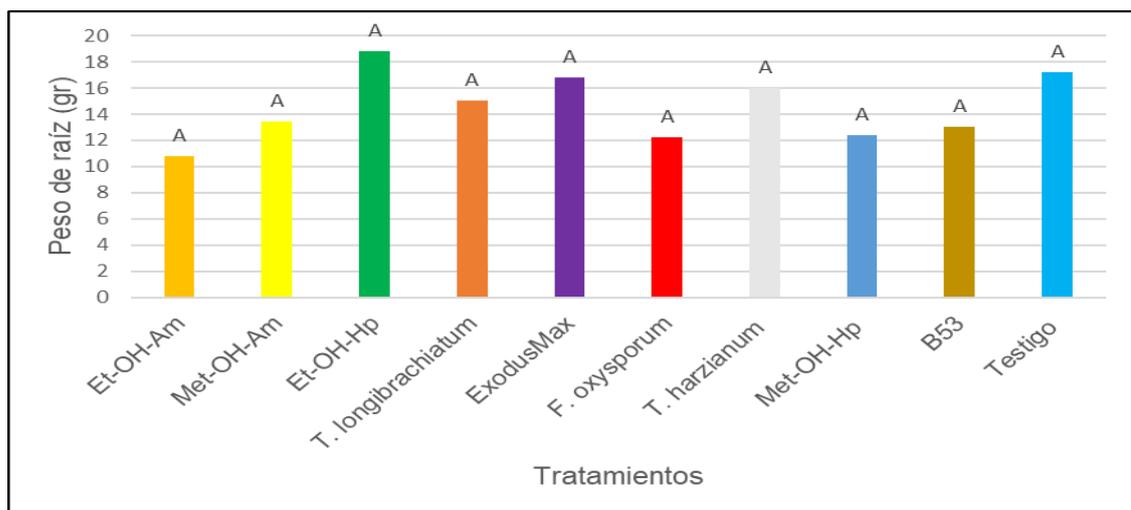


Figura 4. Efectos de los extractos biológicos y botánicos en el peso radicular de plantas de tomate bajo invernadero.

4.7. Efecto de los extractos botánicos y biológicos sobre el diámetro polar y ecuatorial en los frutos.

En la Figura. 5 se muestran los resultados que se obtuvieron con respecto al diámetro polar (barra izquierda) donde no se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, cabe mencionar que, el tratamiento con el patógeno tuvo una diferencia del 35% sobre el testigo absoluto, seguido del extracto metanólico de *A. mexicana* con un 28% y en tercer lugar el extracto etanólico de *A. mexicana* con tan solo un 14% sobre el testigo. Para el caso del diámetro ecuatorial (barra derecha) el tratamiento metanólico de *A. mexicana* destacó con un 33% sobre el testigo absoluto, seguido del tratamiento con el patógeno libre de aplicación apenas con un 32% y en tercer lugar se encuentra el extracto etanólico de *A. mexicana* con un 14% por encima del testigo.

Calderón (2023) menciona que, el tratamiento con el extracto metanólico de *A. mexicana* presentó un mayor diámetro polar en comparación con los demás tratamientos. Mientras que para el diámetro ecuatorial se encuentra el extracto metanólico de *A. mexicana* seguido del extracto metanólico de *H. patens* donde destacaron con resultados prometedores frente a los demás tratamientos.

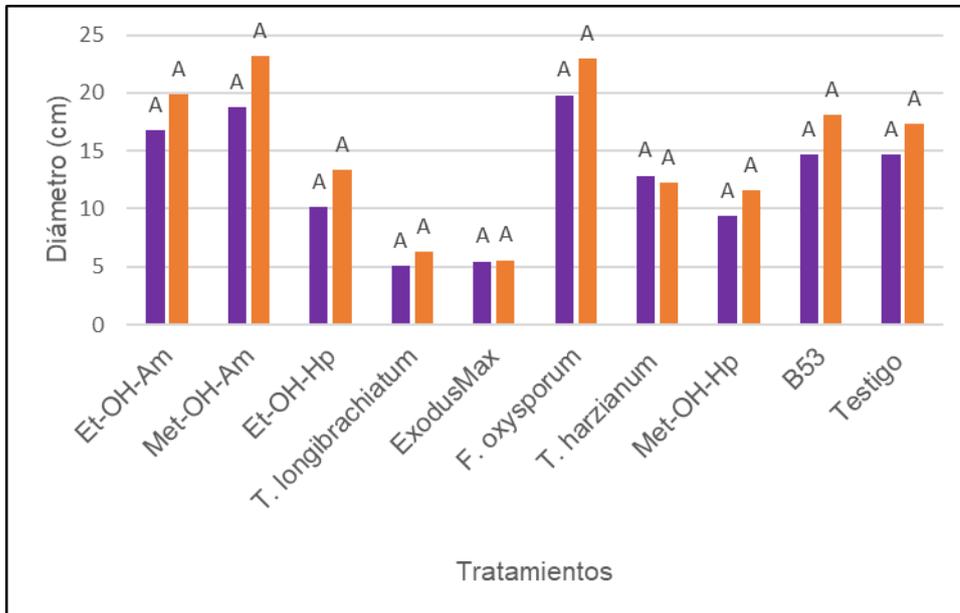


Figura 5. Efecto de los extractos botánicos y biológicos en el diámetro polar (barra izquierda) y ecuatorial (barra derecha) en frutos de tomates.

4.8. Efecto de los extractos biológicos y botánicos en el peso de los frutos de tomate

En el Cuadro No. 6 se reportan los resultados con respecto a las medias de los tratamientos de la variable peso de fruto. Se puede observar que las plantas tratadas con extractos concentrados de *A. mexicana* etanólico mostró los valores más altos ($P > 0.05$) seguido del extracto metanólico de *A. mexicana* con respecto al testigo absoluto. En tercer lugar, se encuentra el extracto concentrado de *H. patens* etanólico y en último lugar se posiciona el extracto biológico de *T. longibrachiatum*. Al respecto, se puede mencionar que los extractos de *A. mexicana* y *H. patens* tienen impacto positivo en el rendimiento de frutos con un promedio de 200 a 250 Kg/Ha en el cultivo de tomate de la variedad Floradade. Es por ello, que Calderón (2023) en su reciente investigación pudo constatar que el extracto metanólico de *A. mexicana* obtuvo el mayor rendimiento promedio

hasta de 663 Kg/Ha con respecto al testigo absoluto y este presentó el menor rendimiento en comparación con los demás tratamientos.

Cuadro 6. Efecto de los extractos biológicos y botánicos en el rendimiento de frutos de tomate extrapolado a Kg/Ha.

Tratamiento	Media	Agrupación
Et-OH-Am	248	A
Met-OH-Am	210	A
Et-OH-Hp	204	A
<i>T. longibrachiatum</i>	81	A
ExodusMax	106	A
<i>F. oxysporum</i>	201	A
<i>T. harzianum</i>	147	A
Met-OH-Hp	150	A
B53	200	A
Testigo	125	A

V. CONCLUSIONES

Los extractos concentrados de *Hamelia patens* etanólico y *Argemone mexicana* metanólico aumentan el porcentaje de emergencia de plantas de tomate, en al menos, una semana anticipada respecto a los demás tratamientos.

Los extractos botánicos y biológicos promueven la longitud de raíz, el diámetro de tallo, la altura de planta y, además, actúan positivamente en el rendimiento del cultivo. Podemos indicar que los extractos inhiben la supervivencia del patógeno de tal manera que pueden llegar a limitar su crecimiento y desarrollo sobre la planta.

VI. LITERATURA CITADA

- Adlercreutz, E. G., & Salvalaggio, A. E. (2023). Virus rugoso del tomate. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible. *Visión Rural*, (147), 29-30. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/15459/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Adlercreutz_E_Virus_rugoso_tomate.pdf?sequence=1
- Aguado, M. A. M., Fernández, C. L. S., Cambra, A. M. A., Escriu, P. F., & Luis, A. M. P. (2014). El virus del mosaico del tomate. *Revista de Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)*. 1-4p. <https://citarea.cita-aragon.es/handle/10532/5256>
- Ahmad, A., Pandurangan, A., Singh, N. & Ananad, P. (2012). Una mini reseña sobre química y biología de *Hamelia patens* (Rubiaceae). *Revista de Farmacognosia*, 4(29)1-4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0975357512800472>
- Ajillogba, C. F., & Babalola, O. O. (2013). Integrated management strategies for tomato *Fusarium* wilt. *Biocontrol Science*, 18(3)117-127. <https://doi.org/10.4265/bio.18.117>
- Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., Antúnez, A., Martínez, J., Corradini, F., Sepúlveda, P., Abarca, P., Guzmán, A., & Felmer, S. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Instituto de investigaciones Agropecuarias (Chile). 112p.
- Arellano, B, J. C. (2017). Efecto de las condiciones ambientales en la dinámica de absorción de CO₂ en tomate de invernadero (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro). <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1161>
- Arias, M. J. (2016). Caracterización y secuenciación de un aislado español del virus del mosaico del tomate (Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia). <https://riunet.upv.es/handle/10251/64412>
- Arrieta, M. L. M. (2023). Aislamiento y Caracterización de cepas de *Trichoderma koningiopsis*, para el control de *Fusarium oxysporum* en tomate cherry (*Solanum lycopersicum*), (Tesis de Maestría, Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica). <https://omeka.campusuci2.com/biblioteca/files/original/87dd8316058c397b0d4a916eb0888cee.pdf>

- Ascencio-Álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S. A., Flores-Olivas, A., Jiménez-Díaz, F., & Gámez-Vázquez, A. J. (2008). Marchitez vascular del tomate: II. Herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(2), 180-183. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018533092008000200011&script=sci_arttext
- Avalos, G. A., & Pérez-Urria, C. E. (2009). Metabolismo secundario de las plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3), 119-145. <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/798>
- Bawa, I. (2016). Estrategias de manejo de la enfermedad del marchitamiento por *Fusarium* del tomate incitada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc) Una Revisión. *Revista Internacional de Investigación Académica Avanzada*, 2 (5). <https://www.ijaar.org/articles/volume2-number5/Sciences-Technology Engineering/ijaar-ste-v2n5-may16-p5.pdf>
- Benito, E. P., Arranz, M., & Eslava, A. (2000). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17(1)s43-s46. <http://www.reviberoammicol.com/2000-17/S43S46.pdf>
- Borboa, F. J., Rueda, P. E. O., Acedo, F. E., Ponce, J. F., Cruz, M., Grimaldo, J. O., & García, O. A. M. (2009). Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4)319-326. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000400011
- Brahmachari, G., Gorai, D. & Roy, R. (2013). *Argemone mexicana*: aspectos químicos y farmacológicos. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(3)559-567. <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/cLYZ6kF7L6vnmKmVQJJNxJ/>
- Calderón, O. J. L. (2023). Bioprotección de *Solanum lycopersicum* L. contra *Alternaria alternata* (Fr). Keissl. Asociado al tizón temprano en invernadero. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).
- Cardona-Piedrahita, L. F., Castaño-Zapata, J., & Ceballos-Aguirre, N. (2016). Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en quince introducciones de tomate silvestre. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 45-54.

- Carmona, S. L., Villarreal-Navarrete, A., Burbano-David, D., & Soto-Suárez, M. (2020). Cambios fisiológicos y mecanismos genéticos asociados a la marchitez vascular causada por *Fusarium* en tomate: Una Revisión Actualizada. *Temas Agrarios*, 25(2)166-189.
<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/2457>
- Carrillo, C. M., Soley, J. P., & Garro, M. G. (2004). Propiedades medicinales y colecta de germoplasma de la especie *Hamelia patens* en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 17(1)27-29. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835810.pdf>
- Castillo-Sanmiguel, P. A., Cortés-Sánchez, L. R., & Acero-Godoy, J. (2022). Aspectos moleculares del marchitamiento vascular del tomate (*Solanum lycopersicum*) por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* y antagonismo por *Trichoderma* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40 (1)82-102.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018533092022000100005
- Castro, del Á. E., Hernández, C. F. D., Gallegos, M. G., Ochoa, F. Y. M., & Castillo Reyes, F. (2019). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum* with endophytic bacteria formulationst1 and its effect in the growth promotion in bean crop. *Revista bio ciencias*, 6, e416.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200733802019000100102&script=sci_arttext
- Castro-del-Ángel, E., Hernández-Castillo, F. D., Gallegos-Morales, G., & Ochoa-Fuentes, Y. M. (2021). Actividad antifúngica de bacterias endófitas para el control de *Fusarium verticillioides* en maíz. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), e2790.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200790282021000200017
- Curay, Y. C. S., Moncayo, M. W. E., Tierra, V. W. P., Pulgar, A. L. J., & de Armas, R. H. (2023). Composición química y actividad antifúngica del látex de *Argemone mexicana* (cardo santo). *Facultad de Salud-Universidad Estatal de Milagro*, 7(12)19-36. <https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol7iss12.2023pp19-36p>

- Delgado, M. L. D. (2019). Evaluación de inducción de resistencia en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con silicio y antagonismo de *Trichoderma viride* contra la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Trabajo de Grado, Universidad del Tolima, Colombia). <https://repository.ut.edu.co/handle/001/3167>
- Díaz, F. A. A. (2023). Extractos de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens* para el control de *Fusarium oxysporum* Schldl agente causal de la marchitez vascular del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).
- Duarte, Y., Pino, O., & Martínez, B. (2013). Efecto de cuatro aceites esenciales sobre *Fusarium* spp. Revista de Protección Vegetal, 28(3)232-235. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S101027522013000300013&script=sci_arte xt
- Duque, B. N. (2008). Evaluación de la actividad antifúngica de los extractos de *Miconia caudata*, *Miconia* sp, *Clidemia hirta* y *Hamelia patens*; frente a los hongos *Aspergillus niger* y *Candida albicans* (Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia). <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/1821>
- Escalona, V. C., Alvarado, P. V., Monardes, H. M., Urbina, C. Z., & Martin, A. B., (2009). Requerimientos de clima y suelo. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)13p. https://www.academia.edu/download/50063662/Manua_Cultivo_tomate.pdf#page=13
- Escobar, H. (2010). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Editorial Tadeo Lozano, Universidad de Bogotá, Colombia, 180p. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6QZHEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Manual+de+producci%C3%B3n+de+tomate+bajo+invernadero.+Editorial+Tadeo+&ots=Jmzs39XxDn&sig=Xm3C_JHKY2fRNEpZiBDf6Ntapgk
- Fajardo, F. M. L. (2010). Epidemiología y manejo de la cenicienta (*Leveillula taurica*) del tomate en la Comarca Lagunera, Coahuila, (Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados). <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/152>
- Felipe, V., Romero, A. M., Montecchia, M. S., Vojnov, A. A., Bianco, M. I., & Yaryura, P. M. (2018). Factores de virulencia de *Xanthomonas vesicatoria* implicados en las primeras etapas del desarrollo de manchas bacterianas en tomate. Fitopatología, 67 (9), 1936-1943.

- Forbes México (2022). Producción de jitomate mexicano creció 9.5% en la última década <https://www.forbes.com.mx/produccion-de-jitomate-mexicano-crecio-9-5-en-la-ultima-decada>. Recuperado el 19 de septiembre de 2023
- García, E. I. R. (2009). Evaluación clínica e histológica de heridas que cicatrizan por segunda intención en perros, al tratarlas con chichipin (*Hamelia patens* Jacq.) (Tesis de Doctorado, Universidad de San Carlos de Guatemala). <https://core.ac.uk/download/pdf/35293776.pdf>
- Gayosso-Barragán, O., Chávez-Aguilar, G., López-Benítez, A., Marroquín-Morales, J. Ángel, López-Aguilar, K., & Hidalgo-Ramos, D. M. (2021). Evaluación de la respuesta de diferentes genotipos de tomate a *Fusarium oxysporum* raza 3. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 12(3), 409–420. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342021000300409
- Gómez, H. F. (2023). Extractos botánicos para el control de la costra negra de la papa *Rhizoctonia solani* en papa *Solanum tuberosum* L. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).
- González, I., Arias, Y., & Peteira, B. (2009). Interacción planta-bacterias fitopatógenas: caso de estudio *Ralstonia solanacearum*-plantas hospedantes. Revista de Protección Vegetal, 24(2), 69-80. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522009000200001&script=sci_arttext
- Guédez, C., Castillo, C., Cañizales, L., & Olivar, R. (2008). Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. Academia, 7(13), 50-74. https://www.researchgate.net/profile/ClemenciaGuedez/publication/236852483_Control_Biologico_Una_herramienta_para_el_desarrollo_sustentable_y_sostenible/links/5ad7a39da6fdcc293584b9d0/Control-Biologico-Una-herramienta-para-el-desarrollo-sustentable-y-sostenible.pdf
- Guntero, V. A., Longo, M. B., Ciparicci, S., Martini, R. E., & Andreatta, A. E. (2015). Comparación de métodos de extracción de polifenoles a partir de residuos de la industria vitivinícola. CAIQ2015-VII Congreso Argentino de Ingeniería Química. 3ras. Jornadas Argentinas de Seguridad de Procesos. http://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/06_029/papers/05c/05c_1775_727.pdf
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre. INIA. 96p. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29488>

- Hernández, L. A. N., Bautista, B. S., & Velázquez, del V. M. G. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 119-123. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030202.pdf>
- Hernández, M. A. L., Cervantes, J. J. A., Cruz, C. D., & Villegas, G. C. (2020). "Chicalote" *Argemone ochroleuca* Sweet: La Gran Fábrica de Alcaloides. *Naturaleza y Tecnología*. Universidad de Guanajuato. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/6444>
- Hernández, M. R., López, B. A., Borrego, E. F., Espinoza, V. J., Sánchez, A. D., Maldonado, M. I. E., & López, O. L. A. (2014). Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en predios tomateros en San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7), 1169-1178. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342014000700003&script=sci_abstract&lng=pt
- Hernández, S. I., Juárez, M. A., Campos, M. R. G., Aguirre, Á. G., & Hernández-Fuentes, A. D. (2022). *Argemone mexicana* contiene metabolitos secundarios que controlan hongos fitopatógenos. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 8(15), 6-10. <https://doi.org/10.29057/icap.v8i15.8150>
- Huarhua, Z. M. H. (2018). Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* aisladas de tomate (*Solanum lycopersicum*) proveniente de Costa Central del Perú. (Tesis de grado para Magister Científico, Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3513>
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2017). Marchitez vascular en tomate. Instituto De Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/66994/NR42118.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jones, J. B., Stall, R. E., & Zitter, T. A. (2001). Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones Mandí-Prensa. México, D.F. 74 p. <https://bibliotecavirtual.fundacionvalles.org/handle/123456789/55>
- 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*. 1(2), 71-83. <http://www.reiagro.ugto.mx/images/pdf/vol2/volumen-2-numero-2.pdf#page=74>

- Kanchana, V., Kumar, G. V., & Shalini, R. V. (2020). Preliminary phytochemical analysis and antibacterial study of crude extract from *Hamelia patens* stems. *Jurnal Convent Knowl Holist Health* 4(2), 207. https://www.academia.edu/download/66099101/JCKHH_207.pdf
- Kaushik, C., & Singh, M. V. (2020). An updated phytopharmacological review on *Hamelia patens* Jacq. Una revisión. *Revista Internacional de Farmacognosia*, 7(3), 52-61. <http://ijournal.com/wp-content/uploads/2020/04/1-Vol.-7-Issue-3-Mar-2020IJP-RE-268.pdf>
- Lamichhane, J. R., Dürr, C., Schwanck, A. A., Robin, M. H., Sarthou, J. P., Cellier, V., & Aubertot, J. N. (2017). Manejo integrado de las enfermedades de marchitamiento. Una revisión. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible*, 37(10), 1-25. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-017-0417-y>
- Layne-Garsaball, J. A., & Méndez-Natera, J. R. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L.(Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 55-60. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332007000200013&script=sci_arttext
- López, M. L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate *Solanum lycopersicum*. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 121p. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3143>
- López-Cardona, N., Castaño-Zapata, J., & Villegas-Estrada, B. (2011). Manejo genético de la marchitez manchada del tomate ocasionada por tomato spotted wilt tospovirus, TSWV. Una revisión. Programa de Maestría en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas, Colombia, 19(2), 67-78. [http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia%2019\(2\)Completa.pdf#page=67](http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia%2019(2)Completa.pdf#page=67)
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2).

- Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T., & Rueda-Puente, E. O. (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*, 12(18), 232. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n18p232>
- Maurya, S., Dubey, S., Kumari, R., & Verma, R. (2019). Management tactics for fusarium wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc): Una revision. *Revista Internacional de Investigación en Farmacias y Ciencias Farmacéuticas*, 4(5), 1-7.
- Mesa, V. A. M., Marín, P. D. A., Ocampo, J. O., Calle, O. J. D. J., & Monsalve, F. Z. I. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Universidad de Antioquia, Colombia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/30774>
- Mut, B. M. (2021). Detección de Tomato Mottle Mosaic virus en semilla comercial de tomate y pimiento. (Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia). <https://riunet.upv.es/handle/10251/173932>
- Noor, G., Ahmad, M. A., Ahsan, F., Mahmood, T., Arif, M., & Khushtar, M. (2020). A phytochemical and ethnopharmacological recapitulation on *Hamelia patens*. *Investigación de Drogas*, 70(05), 188-198. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/a-1131-7856>
- Pathak, R., Goel, A., & Tripathi, S. C. (2021). Propiedades medicinales y actividades etnofarmacológicas de *Argemone mexicana*: una visión general. *Anales de la Sociedad Rumana de Biología Celular*, 25(3), 1615-1641. <http://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/1609>
- Pérez, C. L. (2018). Control biológico, una estrategia tan sostenible como rentable: *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(2), 4-8. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S166923142018000200002&script=sci_arttext
- Priya, C. L., & Rao, K. V. B. (2012). Ethanobotanical and current ethanopharmacological aspects of *Argemone mexicana* L. Una Visión General. *Revista Internacional de Ciencias e Investigación Farmacéuticas*, 3(7), 2143-2148. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=627715a790187edd57992f30ec44800a993a25f1>

- Rugiero, E. C. (2018). Potencial biológico de *Hamelia patens* Jacq. y *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltld. en el control de *Fusarium oxysporum* y el tratamiento de diabetes (Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, México). <http://rdcb.cbg.ipn.mx/handle/20.500.12273/720>
- Ruiz, J. M., Vicente, A. A., Montañez, J. C. S., Rodríguez, R. H., & Aguilar, C. N. G. (2012). Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y Ciencia* (54), 42-48. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2012544087>
- SADER. (2022). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>. Recuperado el 10 de octubre de 2023.
- SAGARPA. (2017). EL jitomate mexicano. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>. Recuperado el 28 de septiembre de 2023.
- Salas, G. A. L., Osorio, H. E., Espinoza, A. C. A., Rodríguez, H. R., Segura, M. M. T. de J., Ramírez, E. N., & Estrada, D. B. (2022). Principales enfermedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4190-4210. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1793
- Salazar-Antón, W., & Guzmán-Hernández, T. D. J. (2013). Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 27-36. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000100003&script=sci_arttext
- Sánchez, M. M. D. (2022). Potencial de aislados de *Trichoderma* spp como promotor de crecimiento en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Nexo Revista Científica*, 35(04), 924–934. <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i04.15529>
- Santibáñez, M. J. A., Sandoval, B. C., & Núñez, A. F. B. (2015). Evaluación de la mezcla de fluopiram y tebuconazole en el control de *Alternaria solani* y *Alternaria alternata* en tomate industrial (Tesis de Doctorado, Universidad de Talca, Chile). Escuela de Agronomía. <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/11988>
- Segura, O. B. & Torres, G. A. (2020). Evaluación de planes de manejo de *Fusarium oxysporum* f. sp. en plantas de tomate, bajo condiciones controladas. [Proyecto de investigación]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36796>

- SENASICA. (2020). Ficha técnica, *Fusarium spp.* (Hypocreales: Nectriaceae) Podredumbre de raíces. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp_ma_z_2020.pdf. Recuperado el 20 de noviembre de 2023.
- Sepúlveda, J. G., Porta, D. H., & Rocha, S. M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>
- Singh, A., Singh, S., Singh, S., Singh, T. D., Singh, V. P., Pandey, V. B., & Singh, U. P. (2009). Fungal spore germination inhibition by alkaloids dehydrocorydalmine and oxyberberine. *Revista de Investigación en Protección Vegetal*, 49(3), 247-249. <https://journals.pan.pl/dlibra/show-content?id=106214>
- Srinivas, C., Devi, D. N., Murthy, K. N., Mohan, C.D., Lakshmeesha, T.R., Singh, B., & Srivastava, R. K. (2019). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* agente causal de la enfermedad del marchitamiento vascular del tomate: desde la biología hasta la diversidad: Una revisión. *Revista Saudí de Ciencias Biológicas*, 26 (7), 1315-1324. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002>
- Tucuch-Pérez, M. A., Bojórquez-Vega, J. J., Arredondo-Valdes, R., Hernández-Castillo, F. D., & Anguiano-Cabello, J. C. (2021). Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2745>
- USDA. (2022). La mayoría de los tomates mexicanos se cultivan en condiciones controladas. <https://agtechamerica.com/informe-del-usda-la-mayoria-de-los-tomates-mexicanos-se-cultivan-en-condiciones-controladas/#:~:text=Sinaloa%20sigue%20siendo%20el%20estado,y%20Jalisco%2C%20seg%C3%BAn%20el%20informe>. Recuperado el 26 de septiembre de 2023.
- Valenzuela, T. G. A. (2017). Estimación de pérdidas de rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en invernaderos debidas a la cenicienta (*Leveillula taurica*) y estrategias de control (Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados). <http://hdl.handle.net/10521/4062>

- Vargas, B. B., Martínez, G. R., Garcés, C. W., Fuentes, M. O., Ferrer, R. J. C., & Pupo, B. Y. G. (2022). Efecto estimulante de extractos vegetales de *Cleome viscosa* L. sobre la germinación de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Universidad y Sociedad*, 14(S1), 59-68.
<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2611>
- 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. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 363-374.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012342262017000200014&script=sci_arttext
- Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F. J., & Talavera, M. (2019). Los nematodos en el tomate: ¿riesgo emergente o persistente? La fitosanidad en el cultivo del Tomate de los riesgos actuales a las nuevas amenazas, (314), 94-96.
https://www.phytoma.com/images/pdf/2019/314_tomate_nematodo_riesgo.pdf
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., & Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012028122015000200011&script=sci_arttext