

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto de una Biopelícula Protectora de *Hamelia patens* para Alargar la Vida de Anaquel de Tomate Contra *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler

Por:

ANGELES AIDE ROSALES FAUSTINO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

Efecto de una Biopelícula Protectora de *Hamelia patens* para Alargar la Vida de Anaquel de Tomate Contra *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler

Por:

ANGELES AIDE ROSALES FAUSTINO

TESIS

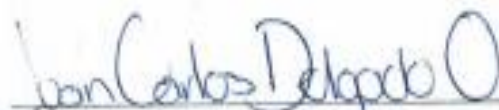
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



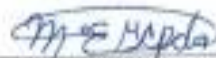
Dr. Epifanio Castro del Ángel
Asesor Principal Interno



Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Asesor Principal Externo



M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Coasesor



Dr. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor



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

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

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

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

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

Pasante



Angeles Aide Rosales Faustino

Firma y Nombre

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater por recibirme con las puertas abiertas y brindarme todo lo necesario para culminar mi carrera profesional.

A cada uno de los maestros que fueron parte de mi formación profesional, dándome los conocimientos necesarios para enfrentar el mundo laboral.

A mis amigos que conocí en el transcurso de la carrera Sergio, Luis, Leyver, Aldo, Edil, Saúl Aldahir, Martín, Ale, Maythe, Yari, que me brindaron su gran amistad y apoyo.

A José Calderón por formar parte de este logro, durante el cual me brindo todo su apoyo y cariño.

A mis amigas Yulissa, Lupita, Yessi, Andrea y Natalia que a pesar de no tenerlas cerca fueron una fuente de motivación a siempre seguir adelante.

Al doctor **Agustín Hernández Juárez** por proporcionarnos el rotavapor que se requirió para la elaboración del extracto.

A la **Dr. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por las observaciones y comentarios al escrito.

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

Al **Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz** por los comentarios a este escrito.

Al **Dr. Epifanio Castro del Ángel** por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de tesis y estar brindándome su atención y apoyo en todo momento.

A María Cristina Sánchez Flores por toda atención y apoyo brindados en laboratorio durante esta estancia.

DEDICATORIAS

A mi madre

Sabina Faustino Santiago por todo ese amor y motivación que me diste durante todo este trayecto universitario, por todo ese apoyo emocional que me brindaste a pesar de la distancia, me has enseñado que todo sacrificio tiene su recompensa y me llena de alegría compartir este logro académico que no solo es mío, sino también tuyo querida mamá.

A mi padre

Heriberto Rosales Rosas, a ti que me diste el carácter y la fortaleza para perseguir mis metas, por ser ese padre que sale a trabajar todos los días para que sus hijos puedan cumplir sus sueños, por darme esa motivación a no rendirme y siempre ir por mas, gracias por esa confianza, no me queda más que agradecer por este gran logro del cual también eres parte.

A mis hermanos

Rosa María, Jerameel Anahi, Esveidy, y Jonathan, porque a pesar de estar lejos siempre me demostraron su gran amor y todo su apoyo, gracias por nunca dejarme sola y por ser ese ejemplo de perseverancia, hoy les dedico este logro del cual fueron parte, los quiero mucho hermanos.

En especial a mi hermana **Zayra Rosales**, que siempre estuvo para mí y fue la principal motivadora de que hoy mi sueño se realice, te agradezco ese gran amor y apoyo que sé que siempre me darás.

A mis tíos

Constantino Rosales y Maura Rosales que siempre se preocuparon y apoyaron en todo momento durante toda la carrera, dándome ese ejemplo de que cuando se quiere se puede, siempre estaré eternamente agradecidos con ustedes.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIAS	III
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis	2
2.REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen del cultivo	3
2.2 Producción de tomate a nivel Mundial	3
2.3 Producción de tomate a nivel Nacional	3
2.4 Morfología de <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	4
2.4.1 Crecimiento determinado.....	4
2.4.2 Crecimiento indeterminado.....	4
2.5 Clasificación taxonómica del tomate.....	5
2.6 Condiciones edafoclimáticas	5
2.6.1 Suelo	5
2.6.2 Clima.....	5
2.7 Variedades más importantes	6
2.8 Problemas fitopatológicos en el cultivo de tomate	6
2.8.1 Bacterias.....	7
2.8.2 Virus.....	8
2.8.3 Hongos	8
2.9 Genero <i>Alternaria</i>	10
2.9.1 Signos y síntomas sobre <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	10
2.10 <i>Alternaria alternata</i>	11

2.10.1 Daño en frutos por <i>Alternaria alternata</i>	11
2.10.2 Morfología de <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.....	11
2.10.3 Taxonomía de <i>Alternaria alternata</i>	12
2.10.4 Desarrollo de la enfermedad causada por <i>Alternaria</i>	12
2.10.5 Factores predisponentes para el desarrollo de <i>Alternaria alternata</i>	13
2.11 Control de la enfermedad.....	13
2.11.1 Control cultural	14
2.11.2 Control químico	14
2.11.3 Control biológico	15
2.12 Extractos vegetales	15
2.13 <i>Hamelia patens</i>	18
2.13.1 Origen y distribución	18
2.13.2 Descripción morfológica de <i>Hamelia patens</i>	19
2.13.3 Clasificación taxonómica de <i>Hamelia patens</i>	19
2.13.4 Usos de <i>Hamelia patens</i>	20
2.13.6 <i>Hamelia patens</i> como antifúngico en plantas y humanos.....	21
2.14 Uso de biopelículas protectoras en frutos	22
2.14.1 <i>Aloe vera</i> como biopelícula protectora	22
2.15 Investigaciones de biopelículas protectoras aplicado a frutas y hortalizas.....	22
3.MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Ubicación del experimento	24
3.2 Colecta de material vegetal y biológico.....	24
3.3 Aislamiento del fitopatógeno.....	24
3.3.1 Purificación del fitopatógeno.....	24
3.3.2 Identificación morfológica del fitopatógeno.....	25
3.4 Obtención del extracto vegetal	25
3.4.1 Preparación del extracto vegetal	25
3.4.2 Actividad inhibitoria del extracto	26
3.5 Conteo de conidios.....	27
3.6 Análisis estadístico	27
3.7 Evaluación del extracto con mejores potencialidades en el biocontrol.	27

3.7.1 Variables evaluadas	28
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1 Aislamiento e identificación de la mancha negra en tomate	29
4.2 Pruebas de crecimiento e inhibición <i>in vitro</i> , para el control de <i>A. alternata</i> con extractos crudos y concentrados de <i>H. patens</i>	29
4.2.1 Actividad antifúngica del extracto crudo acuoso de <i>H. patens</i> sobre el crecimiento de <i>A. alternata</i>	29
4.2.2 Actividad antifúngica del extracto crudo etanólico de <i>H. patens</i> sobre el crecimiento de <i>A. alternata</i>	32
4.2.3 Actividad antifúngica del extracto crudo metanólico de <i>H. patens</i> sobre el crecimiento de <i>A. alternata</i>	33
4.2.4 Actividad antifúngica del extracto concentrado etanólico a base de <i>H. patens</i> a 82°C sobre el crecimiento de <i>A. alternata</i>	35
4.2.5 Actividad antifúngica del extracto concentrado metanólico a base de <i>H. patens</i> a 64°C sobre el crecimiento de <i>A. alternata</i>	37
4.2.6 Porcentaje de inhibición del extracto <i>Hamelia patens</i> concentrado etanólico a 82°C y metanólico a 64°C sobre el crecimiento de <i>Alternaria alternata</i>	38
4.2.7 Efecto de los extractos concentrados etanólicos y metanólicos de <i>H. patens</i> sobre la producción de conidios de <i>A. alternata</i>	39
4.3 Evaluación <i>in vivo</i> de la incidencia de <i>A. alternata</i> sobre frutos de tomate recubiertos de una biopelícula de <i>Aloe vera</i> y extracto etanólico crudo de <i>H. patens</i>	40
4.3.1 Evaluación de la severidad de <i>A. alternata</i> sobre frutos de tomate recubiertos de una biopelícula de <i>A. vera</i> y extracto etanólico crudo de <i>H. patens</i>	41
5.CONCLUSIONES	43
6. LITERATURA CITADA	44
ANEXOS	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temperatura optima y critica en el cultivo de tomate (Guzmán, 2017).	6
Cuadro 2. Especies vegetales reportadas con actividad antifúngica.	16
Cuadro 3. Fitoquímicos presentes en <i>H. patens</i> con diferentes solventes (Noor <i>et al.</i> , 2020).	20
Cuadro 4. Usos etnomédicos de <i>H. patens</i> en diferentes países.....	21
Cuadro 5. Investigaciones de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas.	23
Cuadro 6. Conteo de conidios de <i>A. alternata</i> bajo el efecto del extracto concentrado etanólico y metanólico de <i>H. patens</i>	40
Cuadro 7. Porcentaje de efectividad del extracto crudo etanólico de <i>H. patens</i> sobre la severidad de <i>A. alternata</i> en frutos de tomate.	42
Cuadro 8. Varianza del extracto crudo acuoso de <i>H. patens</i> contra el crecimiento micelial de <i>A. alternata</i>	53
Cuadro 9. Varianza del extracto crudo etanólico de <i>H. patens</i> contra el crecimiento micelial de <i>A. alternata</i>	53
Cuadro 10. Varianza del extracto crudo metanólico de <i>H. patens</i> contra el crecimiento micelial de <i>A. alternata</i>	54
Cuadro 11. Varianza del extracto concentrado etanólico a 82°C de <i>H. patens</i> contra el crecimiento micelial de <i>A. alternata</i>	54
Cuadro 12. Varianza del extracto concentrado metanólico a 64°C de <i>H. patens</i> contra el crecimiento micelial de <i>A. alternata</i>	55
Cuadro 13. Varianza del conteo de conidios de <i>A. alternata</i> bajo los extractos etanólicos y metanólicos concentrados de <i>H. patens</i>	55

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ciclo de la enfermedad causada por <i>Alternaria</i> tomado de Agrios (2005).....	13
Fig. 2. Identificación morfológica del aislamiento de <i>A. alternata</i>	29
Fig. 3. Crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>A. alternata</i> sobre extracto crudo acuoso de <i>H. patens</i>	30
Fig. 4. Porcentaje de inhibición del extracto acuoso de <i>H. patens</i> sobre <i>A. alternata</i>	31
Fig. 5. Crecimiento de <i>A. alternata</i> bajo el efecto del extracto crudo etanólico a base de <i>H. patens</i>	32
Fig. 6. Porcentaje de inhibición <i>in vitro</i> de <i>A. alternata</i> sobre extracto crudo etanólico de <i>H. patens</i>	33
Fig. 7. Crecimiento <i>in vitro</i> de <i>A. alternata</i> en extracto crudo metanólico de <i>H. patens</i>	34
Fig. 8. Porcentaje de inhibición del extracto crudo metanólico de <i>H. patens</i> sobre <i>A. alternata</i>	35
Fig. 9. Crecimiento de <i>A. alternata</i> sobre extracto etanólico concentrado a 82°C a base de <i>H. patens</i>	36
Fig. 10. Crecimiento <i>in vitro</i> de <i>A. alternata</i> sobre extracto metanólico concentrado a 64°C a base de <i>H. patens</i>	37
Fig. 11. Porcentaje de inhibición del extracto concentrado etanólico y metanólico de <i>H. patens</i> sobre <i>A. alternata</i>	39
Fig. 12. Ensayo <i>in vivo</i> sobre la incidencia en frutos de tomates recubiertos de <i>A. vera</i> + extracto etanólico crudo de <i>H. patens</i> + <i>A. alternata</i>	41
Fig. 13. Ensayo <i>in vivo</i> : frutos inoculados con <i>A. alternata</i> : 1 Patógeno, 2. <i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH 14,285.71 ppm, 3. <i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH 14,285.71 ppm, 4. <i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH 21,428.57 ppm, 5. <i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH 35,714.28 ppm, 6. <i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH 50,000 ppm. .	42

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, sin embargo, durante la etapa de poscosecha esta se ve afectada por el ataque de hongos fitopatógenos, en los que destaca principalmente *Alternaria alternata*, sin embargo el manejo de la enfermedad depende en su mayoría del control químico y durante su almacenamiento se aplican técnicas costosas que sólo aumentan los costos de producción, es por ello que este trabajo tiene como objetivo probar el efecto antifúngico de los extractos vegetales acuosos y concentrados a base de *Hamelia patens* tanto *in vitro* como *in vivo* sobre el desarrollo de una biopelícula protectora contra el hongo *Alternaria alternata* en frutos de tomate. Se prepararon extractos crudos y concentrados a base de agua, etanol y metanol a diferentes concentraciones evaluados sobre la técnica de difusión en placa, realizando toma del crecimiento micelial cada 24 horas hasta el llenado de la placa por parte del testigo, los resultados obtenidos fueron convertidos a porcentaje de inhibición para ser procesados por análisis de varianza y prueba de separación de medias por Duncan al 0.05 de significancia, para el testigo *in vivo* se evaluó una biopelícula de gel de *Aloe vera* con el extracto etanólico crudo mediante aspersión, contando con una duración de diez días en incubación, en donde se determinó la incidencia y severidad del patógeno en los frutos.

Todas las concentraciones de los extractos crudos y concentrados etanólicos y metanólicos presentaron una inhibición de crecimiento del fitopatógeno a diferentes grados, destacando el extracto crudo etanólico, en cuanto al acuoso no presentó resultados favorables. El testigo *in vivo* mostro una baja incidencia y severidad del patógeno en el fruto en comparación con los que se inocularon con el hongo.

Palabras clave: Extractos vegetales, biopelícula protectora, incidencia, severidad, *Alternaria alternata*

1.INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, posicionando a México dentro de los principales países productores (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016). Siendo que es considerado como centro de domesticación de esta especie y cuenta con amplia diversidad morfológica de frutos, como los tipos riñón, cereza, ojo de venado, chino criollo, pera, bola y saladette (Pérez-Díaz *et al.*, 2020). Ubicando a nivel nacional a Sinaloa, San Luis Potosí y Michoacán como los principales estados con mayor superficie de siembra (SIAP, 2021). Debido a su gran consumo y a sus propiedades nutricionales y alimenticias, tanto en crudo, cocido como en procesado la ubica en una de las hortalizas más extensamente cultivadas (Plata, 2018).

Sin embargo, dentro de los problemas fitosanitarios el cultivo de tomate se ve afectado por diversas enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus, entre los patógenos de origen fungoso que causan mayor daño económico en el cultivo del tomate destaca Alternariosis *Alternaria alternata* (Flores-Araneda *et al.*, 2019). Este fitopatógeno es causante la mancha negra en muchas frutas y verduras en el mundo siendo un hongo latente que se desarrolla durante el almacenamiento en frío de los frutos, haciéndose visible durante el período de comercialización, provocando grandes pérdidas poscosecha (Troncoso-Rojas y Tiznado-Hernández, 2014).

Actualmente se hace uso de fungicidas para el control de enfermedades producidas por hongos, no obstante, estos aumentan los costos de producción y representan un riesgo para la salud y el medio ambiente (Cervantes, 2020). Otro problema que conlleva el uso de agroquímicos es la resistencia la cual reduce la disponibilidad de ingredientes activos con diferente modo de acción disponibles en la lucha contra los hongos fitopatógenos, dificultando el manejo agronómico de las enfermedades (Carmona y Sautua, 2017).

Los extractos vegetales han sido reconocidos como agentes antimicrobianos desde la antigüedad y recientemente han aumentado el interés científico para distintos fines terapéuticos tanto en la salud humana, animal o vegetal puesto que presentan una importante fuente de metabolitos secundarios que eventualmente podrían poseer efectos fungicidas (Di Liberto, 2021). Es por ello que los biofungicidas elaborados a base de extractos vegetales son

unas de las alternativas promisoras para el control de fitopatógenos (Soto *et al.*, 2022). Dado que son considerados como sistemas ecológicos seguros y económicos que protegen contra los agentes causales, aumentan la vida útil y conservan la calidad de los frutos (Rodríguez-Guzmán *et al.*, 2022).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Determinar el efecto protector de una película de un extracto de *Hamelia patens* para evitar el establecimiento de la pudrición del tomate por *Alternaria alternata*.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Aislamiento e identificación el agente causal de la mancha negra en tomate.
2. Realizar pruebas de inhibición a través de la técnica de medio envenenado, para determinar el control de *Alternaria alternata* con extractos crudos y concentrados de *Hamelia patens*.
3. Determinar el efecto de los extractos en la producción de los conidios del fitopatógeno.
4. Evaluación de una biopelícula protectora con el extracto de *Hamelia patens* que resulte con mejores potencialidades en las pruebas de inhibición; utilizando como base *Aloe vera*, frente a *Alternaria alternata*.

1.2 Hipótesis

Se espera que la biopelícula protectora a base de un extracto de *Hamelia patens* alargue la vida de anaquel del tomate y evite el crecimiento y desarrollo de *Alternaria alternata* causante de la mancha negra.

2.REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cultivo

La especie *Solanum lycopersicum* destaca su origen en la región Andina que va desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Posiblemente desde allí fue trasladada a América Central y México, donde inició su domesticación (Monardes, 2009).

2.2 Producción de tomate a nivel Mundial

El tomate se encuentra dentro de las hortalizas más importantes a nivel mundial, ocupando el segundo lugar de productos agrícolas de exportación, en el año 2021 los principales países con mayor producción fueron, China como principal productor con un total de 1,040,126 ha con una producción de 61,631,581 ton, seguida de India con una superficie de siembra de 786,000 ha con una producción de 19,37,000 ton, posicionando a Estados Unidos en tercer lugar con una superficie de 130,280 ha el cual conto con una producción de 12,612,139 ton ;así mismo encontrándose a México en el 9º lugar con una superficie de siembra de 90,323 ha, contando con una producción de 4,559,375 ton (Atlas, 2021).

2.3 Producción de tomate a nivel Nacional

Esta hortaliza se cultiva en los 32 estados de la República Mexicana, de los cuales los principales productores son: Sinaloa con una producción de 677,612.23 ton, San Luis Potosí con 440,875.72 ton y Michoacán con 283,259.11 ton, anual. Así mismo se cuenta con varios sistemas de producción, siendo uno de ellos a cielo abierto donde se tiene un total de 32,282.82 ha con una producción de 1,114,327.62 ton, en cuanto a agricultura protegida como son invernaderos, maya sombra y macro túnel se tienen una superficie de siembra de 15,759.06 con una producción de 2,209,935.47 anual, dado que estos sistemas de producción permiten la cosecha durante todo el año (SIAP, 2021).

2.4 Morfología de *Solanum lycopersicum* L

Planta perenne o anual de porte arbustivo; tiende a desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta (Baudoin, 2017). Dependiendo del tipo de crecimiento puede clasificarse como tipo determinado e indeterminado (Torres, 2017). La raíz es pivotante que puede alcanzar 60cm de profundidad, produciendo también raíces adventicias, el tallo es erguido de forma angulosa provista de tricomas y glándulas secretoras aromáticas, las hojas son compuestas insertándose en los nudos en forma alterna, el limbo puede contar con 7-11 foliolos. Las flores se encuentran distribuidas en inflorescencias de tipo racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara pudiendo llegar a contar hasta con 50 flores, estas son perfectas cuentan con 5 o más sépalos e igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos helicoidalmente, la semilla es de forma oval aplastada de color grisáceo que varía de 3-5 mm en su tamaño (Saavedra *et al.*, 2019).

2.4.1 Crecimiento determinado

Según la variedad este tipo de plantas detiene su crecimiento de tallo principal y lateral después de un determinado número de inflorescencias, con la terminación de un último racimo apical, son de porte bajo y compacto la producción de frutos se da en lapso relativamente corto, y la cosecha puede realizarse de una o tres veces durante el ciclo del cultivo (López, 2017).

2.4.2 Crecimiento indeterminado

Generalmente son cultivadas en invernaderos o casas sombra, donde son tutoradas, en este tipo de plantas el tallo principal y lateral crecen en un patrón continuo siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo, la floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos largos; la aparición de las flores en los racimos se desarrolla de manera escalonada, el periodo de cosecha se puede durar un periodo de tres a cuatro meses (López, 2017).

2.5 Clasificación taxonómica del tomate

Según ITIS (2023) describe la taxonomía del cultivo de tomate de la siguiente forma.

Reino Plantae

División Tracheophyta

Clase Magnoliopsida

Orden Solanales

Familia Solanaceae

Género *Solanum*

Especie *lycopersicum* L.

2.6 Condiciones edafoclimáticas

2.6.1 Suelo

Debe disponer de suelos bien aireados con la capacidad de almacenar agua, prefiriendo suelos sueltos con textura franca y alto contenido de materia orgánica, un pH que oscila entre 6-7 y una conductividad eléctrica óptima de entre 1.5 y 20 Ds/m (Ávila, 2015).

2.6.2 Clima

Diversas variedades se desarrollan bajo condiciones adversas, dada la rusticidad de este cultivo, sin embargo, el tomate es una especie de estación cálida y su temperatura óptima va de los 18-30°C y una humedad relativa que oscila entre los 60-80%, temperaturas superiores o inferiores pueden ser factor de diversos trastornos en el desarrollo de la planta (Guzmán, 2017). En el Cuadro 1 se muestran las temperaturas óptimas y críticas del cultivo de tomate.

Cuadro 1. Temperatura optima y critica en el cultivo de tomate (Guzmán, 2017).

Se hiela la planta		-2°C
Detiene su desarrollo		10-12°C
Desarrollo normal de la planta		18-25°C
Mayor desarrollo de la planta		21-24°C
Germinación optima		25-30°C
Temperaturas optimas		
Desarrollo	Diurna	23-26°C
	Nocturna	13-16°C
Floración	Diurna	23-26°C
	Nocturna	15-18°C
Maduración		15-22°C

2.7 Variedades más importantes

Las empresas comercializadoras de semillas clasifican a estos tipos de tomate por tamaño, caracterizando al tomate cherry como fruto de forma redondeada o redondo alargada con un peso menor o igual a 22 g; uva tiendo una forma elipsoide o cilíndrica con un peso menor o igual a 22 g; cocktail los cuales son de forma redondeada o elipsoides teniendo un peso de entre 22.1 y 59.9 g y el tomate gordo: cuenta con frutos redondeados o ligeramente achatados o redondos alargados con un peso igual o mayor a 60 g (Pérez y Coto, 2019).

2.8 Problemas fitopatológicos en el cultivo de tomate

Las enfermedades en el cultivo se presentan como alteraciones en el funcionamiento de las plantas, causadas por organismo que se manifiestan por síntomas como son, pudriciones, manchas y deformaciones producidas por agentes como hongos, virus y/o bacterias (Ávila, 2015). Suelen ser las principales limitantes del cultivo de tomate en todas las áreas donde se cultiva, destacando a los patógenos fúngicos puesto que causan perdidas de la fruta de

importancia comercial, dado que suelen presentarse previos o posteriores a la cosecha (Pétriacy y Luna, 2018).

2.8.1 Bacterias

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*

Conocido como cáncer bacteriano, puede causar pérdidas de hasta el cien por ciento de la producción, afecta plántulas y la planta en general, se caracteriza por causar achaparramientos, necrosis, marchitez, roturas de tallo, decoloración de tejidos vasculares, amarillamiento y manchas pequeñas en los frutos de color café con característico halo blanco, esta enfermedad bacteriana se desarrolla en condiciones tibias y húmedas que van de 24-32°C, puede durar hasta dos años en residuos de cosecha (CESAVEM, 2014).

Ralstonia solanacearum

Marchitez bacteriana o marchitez de las solanáceas se caracteriza por causar flacidez de hojas, aparición de raíces adventicias en tallos, epinastia foliar, afecta el sistema vascular el cual se torna oscuro, cuando la invasión es masiva se puede observar del córtex lesiones de apariencia acuosa en la superficie del tallo, la planta muere completamente, se desarrolla a temperaturas y humedades altas que van de entre 30-35°C, se disemina por medio de agua, suelo y trasplantes (Gómez, *et al.*, 2011).

Pectobacterium carotovorum

Comúnmente conocida como podredumbre blanda, presentándose sobre tallos manchas alargadas y húmedas de color verde oscuro, se dispersa muy rápidamente sobre la planta provocando marchitamiento y posteriormente la muerte, sobre los frutos se aprecian manchas hundidas, oscuras, acuosas, que causan la desintegración interna del fruto (Sosa, 2013).

2.8.2 Virus

Virus rugoso del tomate (ToBRFV)

Se trata de un virus emergente que supera todas las resistencias genéticas, produce síntomas en hojas presentando clorosis, deformaciones como abullonados, sobre el cáliz forma necrosis de las venas en una etapa temprana al fruto, posteriormente el sacado de las puntas de los sépalos, en fruto se presenta un menor tamaño, deformación, maduración irregular o presenta manchas amarillas o marrones sobre la superficie adquiriendo un aspecto rugoso, se disemina a través de forma mecánica y por semilla (Sección Sanidad vegetal, 2020).

Virus del mosaico del tomate (ToMV)

Se encuentra distribuido por todo el mundo, causa daños al cultivo protegido como al aire libre, se caracteriza por crear alteraciones de forma y color en los folíolos (mosaicos), sobre plantas precoces reduce su crecimiento, el tamaño y el número de frutos, sobre ellos se puede apreciar manchas decoloradas amarillas irregulares o en forma de anillo y en ocasiones presenta alteraciones necróticas externas o internas su transmisión es a través de herramientas infectadas y por semilla (Aguado-Martínez *et al.*, 2014).

Virus bronceado del tomate (TSWV)

Los síntomas están asociados a una disminución del crecimiento de la planta, necrosis en hojas y frutos, pudiendo llegar a ocasionar la muerte de la planta, sobre hojas se presentan manchas necróticas de una coloración marrón rojiza, mientras que sobre el fruto se aparecían manchas verde- amarillentas y anillos cloróticos o necróticos en relieve, es transmitido mecánicamente, por semilla e insecto de la familia Thripidae (Rubio *et al.*, 2018).

2.8.3 Hongos

Género *Botrytis*

Comúnmente conocidos como moho gris, este género está integrado por especies saprofitas las cuales también pueden actuar como patógenos facultativos (INECOL, 2021). En el cultivo de tomate los síntomas pueden localizarse en cualquier parte aérea de la planta, sobre los

cuales se presentan en tallos canchales hundidos de color castaño claro y secos, en los pedúnculos florales se forman lesiones deprimidas y húmedas de color gris, sobre hojas se desarrollan manchas grandes circulares de color castaño con aspecto húmedo y reblandecimiento de los tejidos, en frutos se presentan podredumbres acuosas de color gris (Sosa, 2013). Su desarrollo se ve favorecido por condiciones de alta humedad relativa y temperaturas óptimas entre los 18-23°C (Obregón, 2018).

Género *Penicillium*

El síntoma en las plantas ocurre cuando se realizan heridas como la poda, empezando con un color café acompañada de un moho característico color gris-azul, en hojas superiores se puede apreciar un crecimiento irregular acompañado de un color amarillento, cuando la enfermedad llega a etapas avanzadas el tallo puede secarse completamente causando la muerte de la planta, en el caso de frutos estos suelen empezar por desarrollar una coloración color café en el sitio de la lesión además de un moho gris-azulado, produciendo una pudrición acuosa la cual avanza formando un círculo a partir del sitio de la infección inicial. (Allende-Molar *et al.*, 2013).

Género *Colletotrichum*

Conocidos por producir enfermedades como canchales, pudriciones y principalmente antracnosis, cuenta con una gran diversidad de hospederos, afectando principalmente la calidad y cantidad del cultivo (Rojo-Báez, *et al.*, 2017). Los síntomas se ven reflejados en los frutos maduros como manchas de color marrón claro, a medida que la enfermedad progresa las lesiones crecen y se observa un hundimiento, este hongo entra a través de aberturas naturales. Aunque también en frutos verdes puede estar presente de forma inactiva, así mismo puede infectar raíces tallos y hojas, vive en residuos de cosecha o suelo incluso por más de cinco años, siendo una fuente de inóculo (Nieto-Ángel *et al.*, 2019). La ocurrencia y severidad de la enfermedad aumenta cuando las condiciones ambientales son favorables como en épocas de lluvia, alta humedad relativa, y temperaturas bajas (SIPSA, 2014).

Género *Rhizopus*

Conocido por afectar gran variedad de frutas y verduras en post cosecha, causa la pudrición blanda en frutos, tiene un desarrollo muy rápido y es propagado muy fácilmente (Alvarado *et al.*, 2011). Sobreviven en el suelo, las esporas que libera pueden tolerar periodos secos y altas temperaturas, generalmente este patógeno no causa daño directo al tejido sano, puesto que necesita de aperturas superficiales para que la espora entre y germine, desarrollando un micelio espeso el cual genera enzimas que degradan las células (García, 2020).

2.9 Genero *Alternaria*

Alternaria es un hongo cosmopolita que se encuentra presente en suelo y materia orgánica, dentro de él se encuentran especies saprofitas, endófitas y patógenas (Lou *et al.*, 2013).

Este género comprende 276 especies, varias de las cuales sintetizan más de 70 metabolitos secundarios tóxicos para las plantas (fitotoxinas) algunos de los cuales también llegan a afectar a personas y animales por lo que se consideran micotoxinas (Pavón *et al.*, 2012) estos pertenecen principalmente a tres grupos estructurales diferentes: los derivados de dibenzopirona, alternariol (AOH), alternariol monometil éter (AME) y altenueno (ALT); (2) las altertoxinas derivadas del perileno (ATX-I, ATX-II y ATX II); y (3) el derivado del ácido tetrámico, ácido tenuazónico (TeA). Siendo que los alimentos vegetales infectados por *Alternaria* podrían introducir grandes cantidades de toxinas en la dieta humana, aunque aún hacen falta investigaciones en donde se mida el potencial toxico de este hongo (Pinto y patriarca, 2017).

2.9.1 Signos y síntomas sobre *Solanum lycopersicum* L.

Las enfermedades causadas por el hongo del género *Alternaria* se desarrollan principalmente en hojas, tallos, flores y frutos, aparecen en forma de manchas y tizones foliares que pueden llegar a ocasionar también el ahogamiento de plántulas si la semilla llega a estar infectada con el hongo, además de la pudrición del cuello, así como también la pudrición de frutos, *Alternaria* inverna como micelio en los restos de plantas infectadas y en forma de esporas o micelios en las semillas (Agrios, 2005), también se hospeda en diversos especies de malezas

las cuales suelen no manifestar síntomas por lo que pasan a ser un importante foco de infección (Reyes, 2016).

Algunas de las especies fúngicas de *Alternaria* reportadas que están asociadas como principales agentes patógenos en el deterioro poscosecha de frutos de tomate son *A. tenuissima*, *A. arborencens*, *A. longipes*, siendo *A. alternata* como la dominante (Rozo *et al.*, 2014).

2.10 *Alternaria alternata*

Conocida comúnmente como podredumbre negra o mancha negra de las frutas, es un hongo latente que se desarrolla durante el almacenamiento en frío haciéndose visible durante el periodo de comercialización (Troncoso-Rojas y Tizado-Hernández, 2014). Es la principal causa de descuentos y rechazos de tomate en las plantas procesadoras, las pérdidas por rendimiento a causa de este patógeno pueden alcanzar un 15% (CONICYT, 2013).

2.10.1 Daño en frutos por *Alternaria alternata*

El daño se presenta en forma de lesiones hundidas que principalmente se encuentran cerca de la punta de la flor o pedúnculo del fruto (Rizwana *et al.*, 2021) formando manchas de color negro con un margen claro sobre la superficie, que finalmente conducen al deterioro de la fruta (Kaur, 2020).

2.10.2 Morfología de *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl

Se distingue por presentar conidióforos de tamaño medio que pueden alcanzar de 3-6 μm de grosor y un promedio de 50 μm de largo, encontrándose también de forma secundaria, los cuales son cortos, ovoides y con un pico corto cilíndrico de van desde los 7-25 μm de largo y de 5-12 μm de ancho, generalmente son de color olivo y cuentan con tres septos transversales y dos longitudinales, los conidios son cortos que por lo general van en cadenas donde se encuentran de 3-5 (Montiel-Salero., *et al* 2022). Macroscópicamente las colonias del hongo se pueden desarrollar de forma plana o algodonosa, la cual toma una coloración

grisáceo blanquecino al principio, mientras el crecimiento avanza se puede notar una coloración café a verde oliva oscuro, mientras que sobre el reverso se puede apreciar una coloración café oscuro a negra (Rivas y Mühlhauser, 2014).

2.10.3 Taxonomía de *Alternaria alternata*

Según Global Biodiversity Information Facility (2023) la clasificación taxonómica del hongo *Alternaria alternata* corresponde a la siguiente.

Reino: Ascomycota

Filo: Dothideomycetes

Clase: Pleosporales

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Alternaria*

Especie: *alternata*

2.10.4 Desarrollo de la enfermedad causada por *Alternaria*

Inverna en forma de micelio o esporas en restos de plantas infectadas, sobre o dentro de semillas, cuando se presentan fuertes rocíos o lluvias frecuentes la producción de esporas aumenta, estas son diseminadas desde cultivos infectados, para que luego estas esporas en germinación penetren directamente sobre tejido sensible o heridas que pronto producirán nuevos conidios, los cuales se propagan aún más con el viento o salpicaduras de lluvia (Agrios, 2005)

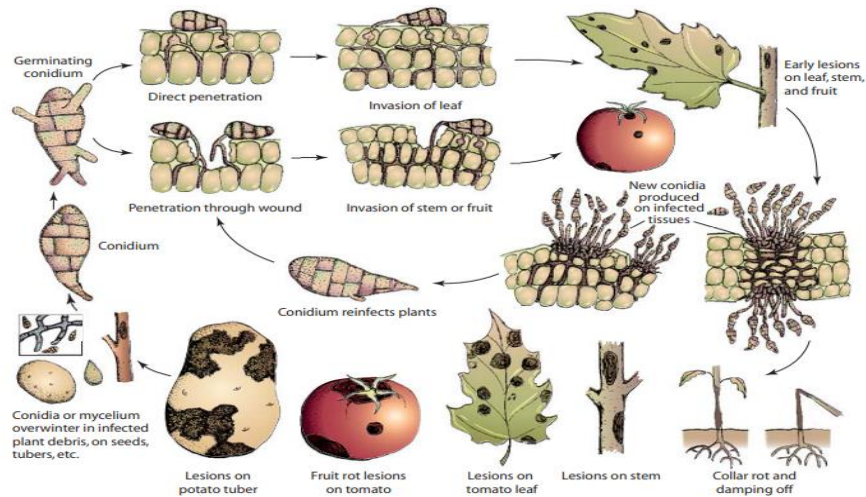


Fig. 1. Ciclo de la enfermedad causada por *Alternaria* tomado de Agrios (2005).

2.10.5 Factores predisponentes para el desarrollo de *Alternaria alternata*

Dado que es un hongo saprofito se encuentra sobre tejidos vegetales muertos o que están en proceso de descomposición, siendo que las temperaturas en que mejor se desarrolla son entre 22°C-28°C teniendo su óptimo en 25°C para su esporulación y humedades relativas del 90%. Sin embargo se puede desarrollar bajo condiciones menores a -3°C hasta los 35°C (Pavón *et al.*, 2015). Las plantas con deficiencias nutricionales, de crecimiento lento y las que se someten bajo condiciones de estrés ambiental son más susceptibles a ser infectadas por dicho patógeno (Reyes, 2016).

2.11 Control de la enfermedad

El control de las enfermedades es fundamental para proteger los cultivos, pues busca reducir las poblaciones del patógeno a fin de mantenerlas en un nivel bajo, dentro de estos controles se utilizan técnicas que entrañen menores riesgos de toxicidad y reduzcan el impacto ambiental, dentro de estos métodos podemos destacar al cultural, químico y biológico, mencionando que el uso simultáneo o combinado de estos es mejor que por sí solos, lo que conlleva a un control integrado (López y Melero, 2020).

2.11.1 Control cultural

Estas prácticas tienen como objetivo reducir el inóculo inicial o reducir la tasa de progreso de la enfermedad, haciendo uso de la modificación del ambiente del cultivo (Cotes y Elad, 2018).

Dentro de los controles culturales para *Alternaria* podemos destacar el tener un buen manejo durante el proceso de recolección, lavado y empacado del fruto pues es de gran importancia para la prevención de la enfermedad, ya que las lesiones abren el camino a la infección, además de tener un buen control de las temperaturas durante el almacenamiento del fruto (Troncoso-Rojas y Tiznado-Hernández, 2014).

Al respecto, Baudoin (2017) menciona que el manejo del patógeno se lleva a cabo principalmente seleccionando plántulas libres de patógenos, usando material vegetal con resistencia o tolerancia genética, la eliminación de los restos posteriores a las diferentes labores culturales realizadas y el rastrojo al finalizar el cultivo.

2.11.2 Control químico

Se puede definir como el uso y acción de sustancias químicas para reducir o inhibir las poblaciones de patógenos en los que se encuentran principalmente por aplicaciones a la planta, suelo y tratamiento de semilla (Gómez *et al.*, 2011).

Los productos utilizados en el control preventivo a partir de ingredientes activos como lo es el clorotalonil, mancozep, folpan, hidróxido de cobre, folped, captan; de uso sistémico se reporta la utilización de sustancias activas como azoxystrobin, benomilo, cyprodinil-fludoxonil, difenoconazol y propiconazol, por lo que la correcta utilización de estos productos químicos ha demostrado un control sobre este patógeno (Salas *et al.*, 2022).

2.11.2.1 Alternativas al uso de plaguicidas químicos

El uso irracional de agroquímicos en la agricultura para combatir diversas plagas y enfermedades ha ocasionado daños al medio ambiente, salud del suelo, biodiversidad, y la

salud humana, y con ello la resistencia a diferentes plaguicidas, es por ello que en la actualidad se desarrollan bioinsumos como bioinsecticidas, bioherbicidas, bioacaricidas, biofungicidas, los cuales brindan a las plantas estimulantes de defensa (Mesa *et al.*, 2019). Formulados principalmente a base de extractos vegetales, bacterias virus y hongos que ayudan a la reducción de poblaciones de patógenos foliares y al desarrollo de las enfermedades, contando con un potencial como una alternativa ambientalmente segura (Whelan *et al.*, 2022).

2.11.3 Control biológico

El control biológico hace referencia al uso de diversos organismos, ya sea a los compuestos o extractos obtenidos de ellos, que juntos o combinados son capaces de disminuir los efectos deletéreos que causa un patógeno sobre el crecimiento de un cultivo, este tipo de control depende gran medida de las interacciones entre, planta, patógeno, organismo biocontrolador, y ambiente en cual se desarrolla dicha interacción (Vinchira-Villarraga y Moreno-Sarmiento, 2019).

Dentro de las investigaciones tanto a nivel laboratorio como en invernadero se ha demostrado que hay respuesta del biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate por el hongo *Trichoderma koningii* Vp siendo que funciona como inductor de crecimiento e inductor de resistencia contra este patógeno (Alcedo y Reyes, 2018). La aplicación foliar de cistatina de amaranto, ha demostrado ser un excelente preventivo y controlador de este hongo, en diferentes variedades de tomate bajo invernadero, mostrando un control de las enfermedades producidas por hongos (Cervantes *et al.*, 2020)

2.12 Extractos vegetales

Los extractos vegetales se han empleado desde tiempo atrás, principalmente para el uso medicinal, aunque en la actualidad se han destinado también al sector agrícola para el control de algunos microorganismos fitopatógenos, pues se ha demostrado que existen gran diversidad de especies vegetales con importante actividad anti-fúngica (Celis *et al.*, 2009).

Dado que tienen la capacidad de sintetizar metabolitos secundarios los cuales están relacionados con diversos mecanismos de defensa, dentro de estos compuestos químicos se encuentran los fenoles, nitrogenados como alcaloides, y compuestos azufrados, muchos de estos con propiedades antimicrobianas, estos se caracterizan principalmente por la protección que brindan ante los depredadores, microorganismos patógenos y herbívoros, así como a diversos tipos de estrés abióticos (Mesa *et al.*, 2019).

Estos extractos vegetales se pueden extraer a partir de diferentes métodos como son por agitación magnética, extracción estática, extracción por soxhlet, extracción asistida por ultrasonido entre otros (Linares-Rivero *et al.*, 2018). La eficacia va a depender de algunos factores como son la especie vegetal, el método de extracción utilizado, la calidad del material vegetal, las concentraciones utilizadas, entre otros (SADER, 2022).

2.12.1 Ventajas

Dado que son derivados de vegetales, no producen residuos peligrosos que pudieran afectar la salud de los suelos, al medio ambiente y la salud de las personas, tienden a ser fáciles de preparar y aplicar, además de no afectar la fauna benéfica (organismos que naturalmente actúan controlando plagas y enfermedades), no generan resistencia en las plagas de interés, y son 100% biodegradables (SADER, 2022). En el Cuadro 2 se muestran las especies vegetales que se han reportado con alguna actividad biológica sobre los fitopatógenos.

Cuadro 2. Especies vegetales reportadas con actividad antifúngica.

Especie	Extracto	Patógeno	Referencia
<i>Acalypha gaumeri</i>	Etanol y acuoso	<i>Alternaria chrysanthemi</i>	Vargas <i>et al.</i> (2014)
<i>Larrea tridentata</i>	Etanol	<i>Alternaria tenuissima</i>	Peñuelas-Rubio <i>et al.</i> (2015)
	Diclorometano	<i>Aspergillus niger</i>	
	Etanol	<i>Rhizopus oryzae</i>	
	Diclorometano	<i>Penicillium polonicum</i>	

<i>Flourensia cernua</i>	Metanol: cloroformo Etanol	<i>Alternaria alternata</i> <i>C. gloesporioides</i> <i>Penicillium digitatum</i>	Guerrero-Rodríguez <i>et al.</i> (2007)
<i>Capsicum annum</i> var. <i>glabriusculum</i>	Metanol	<i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium oxysporum</i>	Rodríguez-Maturino <i>et al.</i> (2015)
<i>Eucaliptus</i> <i>globulus</i>	Etanol	<i>Alternaria</i> spp	Cazar <i>et al.</i> (2014)
<i>Pimenta dioica</i> <i>Tradescantia</i> <i>spathacea</i>	Hydrodestilación	<i>Alternaria alternata</i> <i>C. gloesporioides</i> <i>Phytophthora</i> spp <i>C. gloesporioides</i> <i>Phytophthora</i> spp	Nuñez. (2018)
<i>Capsicum annum</i> var. <i>annuum</i>	Etanol	<i>Alternaria solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Aspergillus niger</i>	Terrones. (2013)
<i>Eugenia</i> <i>caryophyllata</i> <i>Cinnamomun</i> <i>zeylanicum</i> <i>Lippia berlandieri</i>	Acuosos	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Geotrichum candidum</i> <i>Penicillium digitatum</i> <i>Trichoderma</i> spp	Cáceres <i>et al.</i> (2013)
<i>Helianthus annuus</i> L	Etanol	<i>Alternaria tenuis</i>	Cabrera. (2019)
<i>Tagetes erecta</i>	Etanol	<i>Alternaria porri</i> <i>Alternaria solani</i> <i>Cercospora beticola</i> <i>Cladosporium fulvum</i>	Pupo <i>et al.</i> (2007)
<i>Citrus aurantifolia</i> <i>Citrus latifolia</i>	Etanol Metanol	<i>Passalora fulva</i> <i>Alternaria solani</i>	Ojito-Ramos <i>et al.</i> (2020)

<i>Citrus reticulata</i> <i>Citrus aurantium</i> <i>Citrus aurantium</i> <i>var sinensis</i>		<i>Stemphylium solani</i>	
<i>Flourensia</i> <i>microphylla</i> <i>Flourensia cernua</i> <i>Flourensia</i> <i>retinophylla</i>	Etanol	<i>Alternaria spp.</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i>	De Rodríguez <i>et al.</i> (2007)
<i>Annona muricata</i>	Acuoso Metanol	<i>Alternaria alternata</i>	Rizwana <i>et al.</i> (2021)

2.13 *Hamelia patens*

Hamelia Patens comúnmente conocida como coralillo, bayetillo, botellita, hierba tinta, hoja de coyolillo, pie de pájaro, hierba del negro, cacahuapoztle, entre otros (INECOL, 2021). Es cultivado generalmente como ornamental, se caracteriza por ser un arbusto o árbol pequeño, el cual puede ser propagado por semillas o esquejes (Brown *et al.*, 2014). Ha sido estudiada principalmente dentro de la medicina herbal por las grandes propiedades que esta planta posee, dado que ha demostrado no ser nociva para el humano (Noor *et al.*, 2020)

2.13.1 Origen y distribución

Hamelia patens es nativa de América tropical, crece en climas tropicales y subtropicales, encontrándose desde Florida, México hasta Paraguay (Kaushik y Singh, 2020). En México se encuentra distribuida en los estados de Campeche, Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, y Yucatán (Arredondo *et al.*, 2012).

2.13.2 Descripción morfológica de *Hamelia patens*

Árbol o arbusto de porte bajo que también puede llegar a alcanzar hasta los 7 m de altura, se conforma de uno o más tallos de color grisáceo, las ramas son de color naranja a púrpura, las hojas en su mayoría son ovado-elípticas se encuentran agrupadas de 3-4, cuenta con venas medias de color rojo o rosa, los peciolos van de 1-3.5 cm de largo, la inflorescencia es terminal que se conforma de flores tubulares de 12-22 mm de largo de color naranja a rojo, el fruto es una baya de forma esférica o elíptica que va de 7-10 mm de largo la cual se torna rojo y posteriormente negro durante la madurez, las semillas miden de 0.6-0.9 mm de largo contando con un color marrón anaranjado (Ahmad *et al.*, 2012).

2.13.3 Clasificación taxonómica de *Hamelia patens*

(Florence *et al.*, 2014) clasifica a *H. patens* de la siguiente manera

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Rubiaceae

Género: *Hamelia*

Especie: *patens* Jacq.

Cuadro 3. Fitoquímicos presentes en *H. 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	Flobataninos	Flobataninos
Esteroides	Fitoesteroles	
Terpenoides	Cumarinas	
Fitoesteroles	Quinonas	
Flobataninos		

2.13.4 Usos de *Hamelia patens*

Hamelia patens es utilizada comúnmente en la medicina tradicional, dado que cuenta con componentes bioactivos importantes como los alcaloides oxindol, flavonoides y contenido fenólico, teniendo varios efectos terapéuticos como antiinflamatorio, analgésico, antidiarreico, antihelmíntico, antidepresivo, hepatoprotector, antiurolítico, diurético, cicatrizante y muchos otros (Noor *et al.*, 2020) siendo que las partes más usadas de la planta son hojas, corteza, flores y frutos (INECOL 2021) el uso se puede dar tanto en crudo como en infusiones (Domínguez-Barradas *et al.*, 2015).

2.13.5 Usos etnomédicos de *Hamelia patens*

Varios países y lugares de origen étnico hacen uso de esta planta la cual asocian a diferentes tipos de padecimientos (Taylor, 2005).

Cuadro 4. Usos etnomédicos de *H. patens* en diferentes países

Lugar	Uso y preparación	Sintomatología a tratar
Cuba	Hojas frescas y en decocción	Dolores de cabeza, llagas y reumatismo.
México	Hojas frescas	Detener flujo de sangre y cicatrizante
Brasil	Raíz	Diurético
	Hojas	Sarna y dolores de cabeza
Belice	Hojas, tallos y flores en decocción	Quemaduras, heridas, infecciones fúngicas, picaduras de insectos, cólicos menstruales, llagas.
Perú	Hojas en infusión	Limpieza de sangre, parásitos estomacales, heridas, estreñimiento, fiebre

2.13.6 *Hamelia patens* como antifúngico en plantas y humanos

Abubacker *et al.* (2013) realizaron un experimento *in vitro* en el cual se llevó a cabo la evaluación del extracto acuoso de *H. patens* a partir de hojas flores y frutos para probar su efecto antifúngico contra *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* hongos causantes de enfermedades de la pudrición de raíz en plantas, y en hongos patógenos humanos producidos por *Aspergillus fumigatus* y *Candida albicans*. Donde se obtuvieron resultados de inhibición para *A. fumigatus* y *C. albicans* del 100% a partir del extracto de hoja y frutos de *H. patens* a una concentración del 10%; las hojas flores y frutos a la misma concentración inhibieron el 100% del fitopatógeno *F. oxysporum* y *R. solani*, el uso del extracto a partir de frutos a una concentración del 5% inhibió el 100% de *F. oxysporum* siendo también que a la misma concentración el extracto de hoja tuvo efecto inhibitorio del 100% sobre *R. solani*.

2.14 Uso de biopelículas protectoras en frutos

Las pérdidas poscosecha se deben al deterioro microbiológico, físico, al proceso de recolección inadecuado, al empleo de empaques no adecuados, y a vías para la transportación insuficientes (De Ancos *et al.*, 2020). Es por ello que se emplean diferentes tecnologías para su conservación, como son almacenamiento a bajas temperaturas, aplicación de radiaciones gama, y ultravioleta, control biológico, conservación de la atmosfera controlada, el uso de películas, y recubrimientos biodegradables (Fernández-Valdés *et al.*, 2015). Siendo que estos últimos generalmente están compuestos por polisacáridos, proteínas, y lípidos los cuales se pueden emplear de forma individual o combinada (Mederos-Torres *et al.*, 2020). Sirviendo de barrera selectiva a los gases (O₂, CO₂ y etileno) a la reducción de pérdida de agua, a los procesos oxidativos y a el crecimiento microbiológico (De Ancos *et al.*, 2015).

2.14.1 *Aloe vera* como biopelícula protectora

El gel de aloe vera está compuesto de 95% agua, 0.5% de material solido que incluye vitaminas, minerales, polisacáridos y compuestos fenólicos, por lo cual se ha sido estudiado como potencial en el tratamiento para preservar la calidad poscosecha en los frutos, ayudando a reducir las pérdidas de humedad y firmeza, así como controlar la tasa de respiración (García-Figueroa *et al.*, 2019).

2.15 Investigaciones de biopelículas protectoras aplicado a frutas y hortalizas.

Diversas investigaciones se han centrado en evaluar diferentes compuestos de origen natural, para ser aplicados como recubrimientos en diversas frutas y hortalizas, dado que son amigables con el medio ambiente y tienden a ser prometedoras para incrementar la vida de anaquel (Palma *et al.*, 2021).

Cuadro 5. Investigaciones de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas.

Producto	Recubrimiento	Efecto	Referencia
Tomate <i>Solanum lycopersicum</i>	Alginato y glicerol Zeina y ácido oleico	Ralentizar la tasa de respiración y la producción de etilePalmano. Disminuir la pérdida de peso. Disminuir el cambio de color y la perdida de firmeza	Zapata <i>et al.</i> (2008)
Lichi <i>Litchi chinensis</i>	<i>Aloe vera</i>	Reducir pardeamiento enzimático. Disminuir pérdida de peso.	Ali <i>et al.</i> (2019)
Pimiento <i>Capsicum annum</i>	Almidón de yuca y aceite de tomillo	Aminorar la pérdida de peso, firmeza y cambio de color.	Ordoñez-Bolaños <i>et al.</i> (2014)
Fresa <i>Fragaria</i>	Quitosano + almidón con aceite de canela <hr/> <i>Aloe vera</i> +Alginato de sodio	Capacidad antioxidante. Retrasar el desarrollo microbiano. <hr/> Reducir la pérdida de peso. Mayor firmeza y retención de color.	López-Mata <i>et al.</i> (2012) García-Figueroa <i>et al.</i> (2019)
Papa <i>Solanum phureja</i>	<i>A.vera</i> +Quitosano	Reducción del pardeamiento. Retrasa la pérdida de peso.	Chalapud <i>et al.</i> (2016)
Guayaba <i>Psidium guajava</i>	<i>Aloe vera</i> +glicerol	Alargamiento sobre la vida de anaquel. Conservación del peso Menor incidencia de microorganismos	García-Mera <i>et al.</i> (2017)

3.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

Los bioensayos se realizaron en el laboratorio de Fitopatología del departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Sede Saltillo.

3.2 Colecta de material vegetal y biológico

La especie *H. patens* es procedente de la localidad de Chapopote, Chalma Veracruz, México, del cual se colectaron hojas y ramas adultas que estuvieran libres de agentes patógenos, se depositaron en bolsas de papel, se rotularon para posteriormente ser resguardadas y trasladadas a la UAAAN.

Para la obtención del fitopatógeno se seleccionaron frutos de jitomate que presentaran signos pertenecientes a la mancha negra causada por *Alternaria alternata*, los cuales se adquirieron en supermercados de la zona sur de Saltillo, para después ser trasladados al laboratorio de Parasitología.

3.3 Aislamiento del fitopatógeno

La obtención de la cepa del hongo se llevó a cabo por siembra directa de punta de hifa bajo condiciones asépticas. En donde se tomaron conidios del hongo y se sembraron en una caja Petri con medio PDA (Agar papa dextrosa).

3.3.1 Purificación del fitopatógeno

La purificación se llevó a cabo con la misma técnica en que se realizó el aislamiento del fitopatógeno, para posteriormente incubarse a 26 ± 2 °C hasta su utilización.

3.3.2 Identificación morfológica del fitopatógeno

La identificación del fitopatógeno se obtuvo mediante montas de las estructuras, las cuales se colocaron en el portaobjetos acompañada de una solución de lactofenol para posteriormente ser visualizadas en el microscopio en los objetivos de 4X, 10X y 40X, la caracterización morfológica se llevó a cabo con el apoyo de claves taxonómicas donde se observaron las características fenotípicas descritas por Barnett & Hunter (1998) para género y a nivel especie las de Simmons (2007).

3.4 Obtención del extracto vegetal

Las hojas secas de la planta de *H. patens* fueron trasladadas al laboratorio de fitopatología donde se procedió a su pulverización con el uso de una licuadora, el polvo vegetal obtenido se guardó en frascos de vidrio ámbar, evitando el contacto directo con la luz, resguardados para su posterior utilización.

3.4.1 Preparación del extracto vegetal

Los extractos se prepararon a base de etanol, metanol y agua (crudos), etanol y metanol (concentrados), en matraces Erlenmeyer de 1000 mL cada uno, para los cuales se pesaron 70 g del material vegetal pulverizado y se agregó 700 mL del solvente, se colocó un tapón de algodón y cubrieron con papel estraza, evitando así el contacto con la luz, posteriormente se mantuvieron en una placa termoagitadora durante 7 días.

Terminado el tiempo de agitación cada uno de los solventes con el extracto se filtró con ayuda de papel filtro Whatman no.1 hasta obtener un extracto libre de impurezas, colectándose en matraces Erlenmeyer forrados con papel estraza, los cuales se guardaron en el refrigerador a 4 °C, hasta su utilización.

Para los extractos concentrados se llevó a cabo la misma metodología anterior, con la excepción de que una vez que se filtraron los extractos Etanol (EtOH) y Metanol (MetOH),

cada uno de estos se vaciaron en un matraz bola para proceder a llevarlos a un evaporador rotatorio, utilizando una temperatura de 82 °C para EtOH y una temperatura de 64° para MetOH.

3.4.2 Actividad inhibitoria del extracto

Inhibición *in vitro* de *A. alternata* con extractos crudos de *H. patens*.

La actividad inhibitoria se evaluó por la técnica de difusión en placa en el cual se utilizaron extractos a base de agua etanol y metanol (crudos); etanol y metanol (concentrados). Para los extractos crudos se evaluaron 7 concentraciones de 2,857.14 ppm, 7,142.85 ppm, 11,428.57 ppm, 14,285.71 ppm, 21,428.57 ppm, 35,714.28 ppm, y 50,000 ppm, el experimento constó de tres repeticiones por concentración. En el caso de los extractos concentrados se evaluaron 5 concentraciones de 14,285.71 ppm, 21,428.57 ppm, 28,571.42 ppm, 35,714.28, 50,000 ppm.

Discos de agar con crecimiento micelial activo del fitopatógeno se colocaron en el centro de la caja Petri con medio de cultivo PDA mezclado con el extracto. Las cajas inoculadas con el fitopatógeno se incubaron a $26 \pm ^\circ\text{C}$, hasta que la caja testigo (sin extracto) llenó la placa Petri.

La toma de datos del crecimiento radial del fitopatógeno se realizó cada 24 h, con la ayuda de una regla y tomando como referencia cuatro puntos de la caja con el hongo.

Los resultados obtenidos del crecimiento radial del hongo se transformaron a porcentaje de inhibición, basándose en la siguiente formula descrita por (Thomidis y Filotheou, 2016).

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

3.5 Conteo de conidios

Se realizó un raspado de las cajas con el hongo de cada uno de los extractos concentrados, donde se vació cada muestra en tubos de ensayo con 10 mL de agua destilada estéril agregando 0.02g de azul tripano, para determinar la producción de conidios del hongo, después se llevó al vortex, y por último se procedió a llevar el conteo en la cámara de Neubauer.

3.6 Análisis estadístico

El experimento se distribuyó en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por cada tratamiento, la separación de las medias se realizó mediante la prueba de Duncan al 0.05 de significancia en el programa SAS versión 9.0 para Windows.

3.7 Evaluación del extracto con mejores potencialidades en el biocontrol.

Se utilizaron frutos de tomate libres de agentes patógenos y calidad uniforme. Primeramente, se lavaron con agua y jabón neutro posteriormente se desinfectaron en hipoclorito de sodio al 1% durante tres minutos seguido del triple lavado en agua destilada estéril con un promedio de un minuto entre cada lavado y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Con la ayuda de un pincel se aplicó el recubrimiento de una capa fina a base de *Aloe vera* sobre cada uno de los tomates para después aplicar mediante aspersion el extracto crudo de *H. patens* EtOH (1,428.57 ppm, 2142.85 ppm, 2857.14 ppm, 3571.42 ppm, 50000 ppm.) correspondiente a cada tratamiento, mediante el cual se cubrió por completo el área del fruto. Una vez que los tomates no presentaban humedad, se procedió a aplicar una segunda capa y una segunda aspersion del extracto. Se dejó secar y después se inoculó el fitopatógeno por aspersion a una concentración de 1×10^6 en cada una de los tomates acondicionados en el experimento.

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar bajo cámara bioclimática a 31°C, fotoperiodo (12:12) y 100% de humedad relativa, la cual se acondicionó con el uso de

bolsas de plástico. Se utilizaron dos tomates por cada repetición contando con tres repeticiones por cada tratamiento. Así mismo contando con seis testigos positivos (inoculado con el patógeno) y uno 6 negativos (sin inocular).

A partir de las 24 h se comenzó la evaluación determinando el número de tomates colonizados y se mantuvo en observación durante 10 días después de la inoculación.

3.7.1 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron la incidencia y severidad de la enfermedad. La incidencia fue determinada en porcentaje de frutos con signos y/o síntomas del fitopatógeno.

La severidad se determinó cuantitativamente utilizando el software FIJI-Image J, los valores obtenidos se expresaron en cm², los cuales se utilizaron para determinar la efectividad de cada una de las concentraciones del extracto haciendo uso de la siguiente formula (Abbott, 1925).

$$\%E = \frac{IT - It}{IT} * (100)$$

Donde %E: porcentaje de efectividad; IT: infección en el testigo; It= infección en el tratamiento.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aislamiento e identificación de la mancha negra en tomate

Las cepas fueron aisladas de tomate con signos pertenecientes a la mancha negra, siendo identificadas por características morfológicas. Los aislados con rasgos distintivos considerados para la identificación de *A. alternata* fueron que las colonias en medio PDA inicialmente aparecieron de color blanco grisáceo, luego se tornaron marrón oscuro a negro, y sobre el reverso también presentó un color negro, así como conidios en cadenas de color oliváceo a marrón oscuro con pico cónico corto contando con 2-5 septos transversales y 1-3 longitudinales u oblicuos, características correspondientes a las reportadas por (Simmons, 2007; Montiel-Salero *et al.*, 2022; Alam *et al.*, 2021).



Fig. 2. Identificación morfológica del aislamiento de *A. alternata*

4.2 Pruebas de crecimiento e inhibición *in vitro*, para el control de *A. alternata* con extractos crudos y concentrados de *H. patens*.

4.2.1 Actividad antifúngica del extracto crudo acuoso de *H. patens* sobre el crecimiento de *A. alternata*

En la Fig. 3 se reporta el crecimiento de *A. alternata* con el extracto acuoso a base de *H. patens* donde se puede observar su crecimiento máximo a los 9 días, percibiéndose un mayor

desarrollo micelial entre las diferentes concentraciones inferiores a 35,714.28 ppm, comportándose como un inductor de crecimiento, sin embargo, en el día 7 se presentó menor crecimiento micelial en la concentración más alta de 50,000 ppm, también pudiéndose reportar que a partir de 21,428.57 ppm se presentó la deformación del borde del micelio del hongo, atribuyéndosele a los diferentes metabolitos secundarios que se han encontrado en plantas, específicamente de hojas de *H. patens* como son flavonoides taninos, esteroides, cumarinas y polifenoles los cuales se relacionan con diferentes actividades biológicas. Cabe mencionar que Okoye y Ezeogo (2016) utilizaron el extracto acuoso de hojas, flores y tallo de *H. patens* contra las bacterias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, y el hongo *Candida albicans* donde obtuvo respuestas favorables sobre su crecimiento, sin embargo, para el hongo *Aspergillus niger* no hubo respuesta de inhibición, demostrando más su efecto antimicrobiano, dado a los diferentes metabolitos encontrados en el extracto.

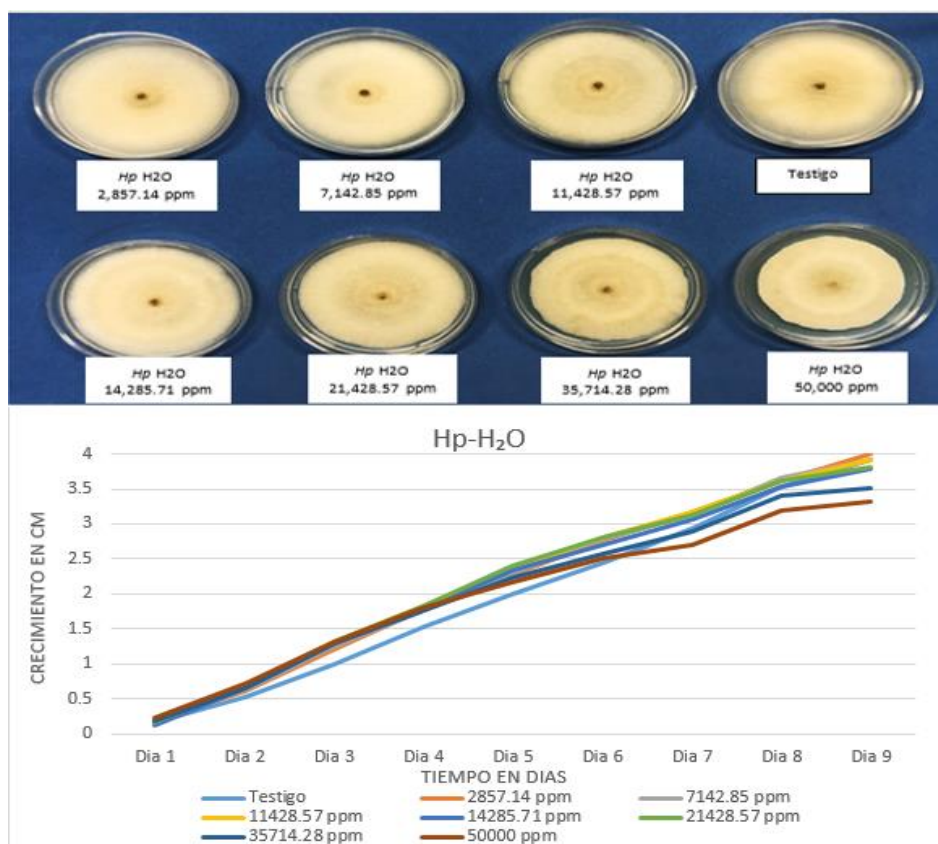


Fig. 3. Crecimiento micelial *in vitro* de *A. alternata* sobre extracto crudo acuoso de *H. patens*.

4.2.1.1 Porcentaje de inhibición del extracto crudo acuoso de *H. patens* sobre el crecimiento de *A. alternata*

Sobre la Fig. 4 se reporta el porcentaje de inhibición de *H. patens* sobre *A. alternata* donde en los análisis de varianza se muestran diferencias de $P > F = <0.0001$. Detectando que la mayor inhibición se encuentra a una concentración de 50,000 ppm con el 17.3%, y 35,714.28 ppm con el 12.3%, mostrando diferencia del 5% entre los grupos A y B, mientras que en la concentración igual o menor a 21,428.57 ppm no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamiento evaluados, comparándolo con el trabajo de Gómez *et al.* (2023) quien evaluó concentraciones de 11,428.57 hasta 71,428.57 del extracto acuso de *H. patens* sobre *Rhizoctonia solani* menciona que presentó inhibición casi nula entre tratamientos, mientras que el promedio general de inhibición fue del 4.5%, siendo que el extracto no contó con un efecto antifúngico. Otro trabajo realizado por Tenorio *et al.* (2017) indicó que sobre la bacteria *Porphyromonas gingivalis* el extracto acuoso a una solución de hasta el 50% arrojó resultados positivos para su inhibición, siendo que entre mayor es la concentración mejor es la respuesta, justificando sus propiedades antimicrobianas.

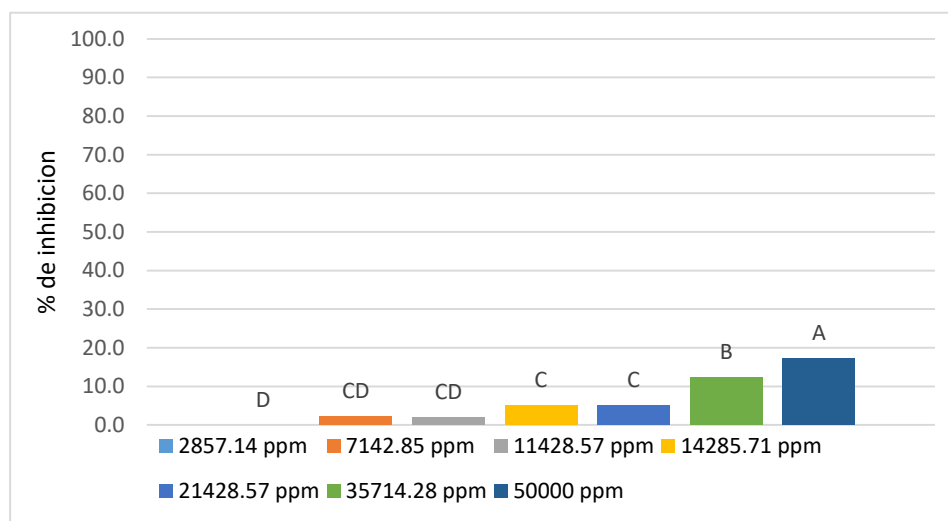


Fig. 4. Porcentaje de inhibición del extracto acuoso de *H. patens* sobre *A. alternata*.

4.2.2 Actividad antifúngica del extracto crudo etanólico de *H. patens* sobre el crecimiento de *A. alternata*

En la Fig. 5 se muestra el crecimiento micelial diario de *A. alternata* sobre el extracto crudo etanólico de *H. patens*, donde se puede apreciar que las concentraciones iguales o mayores a 11,428.57 ppm muestran un menor crecimiento, mientras que la de 7,142.85 ppm y 2,857.14 ppm presentan un crecimiento mayor o igual al testigo, destacando la concentración más alta como la mejor, con un crecimiento radial de 0.5 cm durante los 9 días, mostrando un efecto fungicida. Una investigación realizada por Fontanills *et al.* (2018) sobre bacterias *Staphylococcus aureus*, y *Staphylococcus epidermidis* destacó que el extracto etanólico de hojas, había actuado como antimicrobiano, dado a la gran cantidad y concentración de polifenoles, así como a los diferentes metabolitos secundarios que se habían encontrados asociados a ellas.

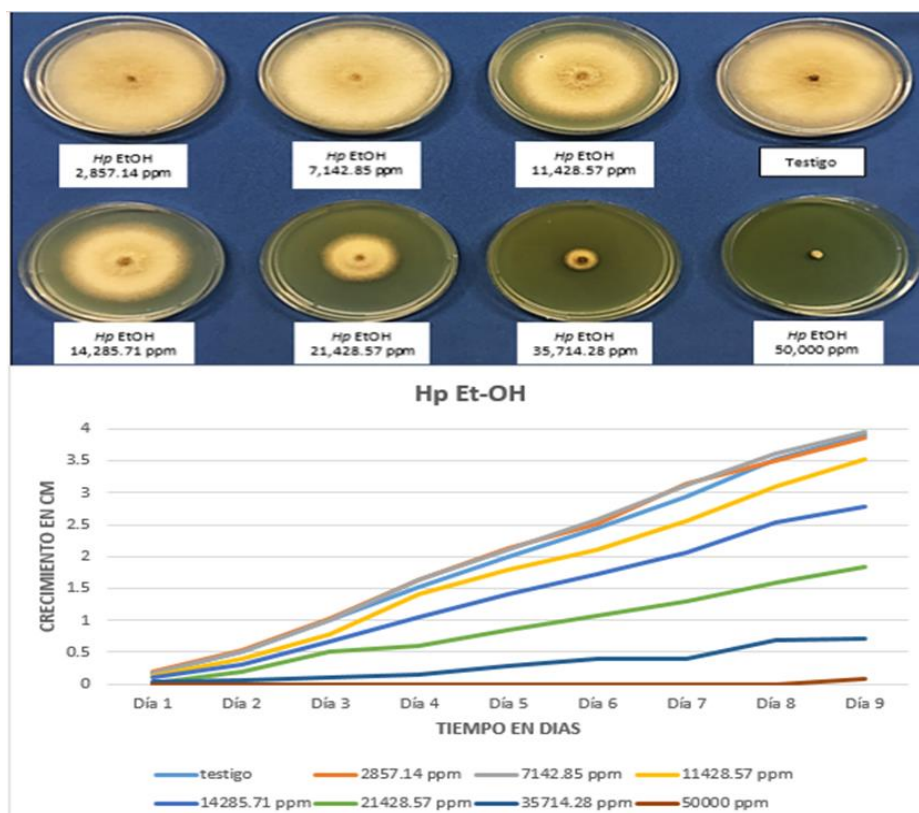


Fig. 5. Crecimiento de *A. alternata* bajo el efecto del extracto crudo etanólico a base de *H. patens*.

4.2.2.1 Porcentaje de inhibición del extracto crudo acuoso de *H. patens* sobre el crecimiento de *A. alternata*

La fig. 6 permite visualizar la inhibición del hongo *A. alternata* que oscila entre el 3.3% - 97% a diversas concentraciones del extracto, pudiendo obtener una significancia de $P > f = < 0.0001$, donde se muestran las diferencias entre los siete tratamientos, a partir de la concentración de 11428.57 ppm hasta las más alta el extracto; obtuvo una inhibición del desarrollo del hongo superior al 50% bajo condiciones *in vitro* mientras que entre 2,857.14 ppm y 7,142.85 ppm mostraron una inhibición casi nula. Reportes pertenecientes a Caballero *et al.* (2022) obtuvieron que los extractos hidroalcohólicos de hojas de *H. patens* tienen un efecto antimicótico a una concentración del 10% - 20 % ejerciendo un efecto inhibitorio sobre el hongo *Candida albicans* debido a la gran cantidad de alcaloides, antocianinas, saponinas y compuestos fenólicos.

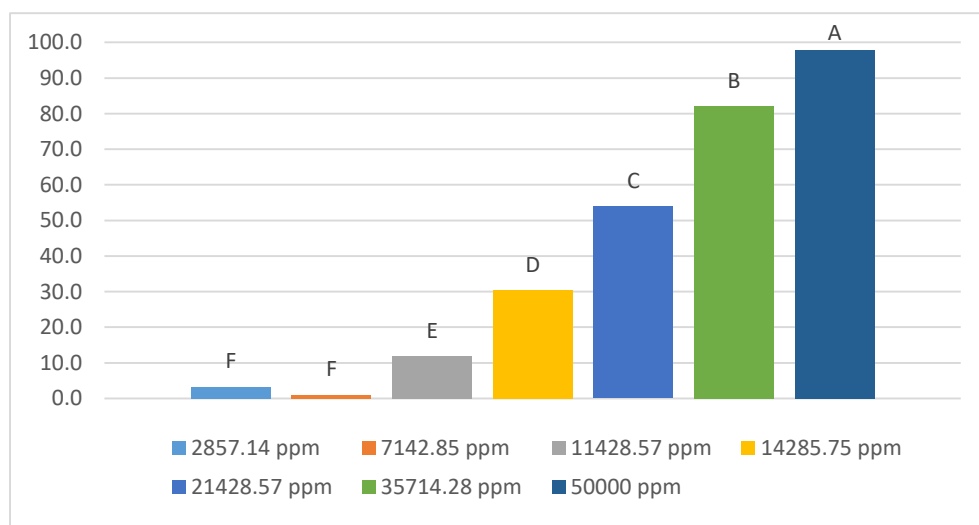


Fig. 6. Porcentaje de inhibición *in vitro* de *A. alternata* sobre extracto crudo etanólico de *H. patens*

4.2.3 Actividad antifúngica del extracto crudo metanólico de *H. patens* sobre el crecimiento de *A. alternata*.

Analizando la fig. 7 del hongo en evaluación, se puede apreciar que las concentraciones del extracto superiores a 14,285.71 ppm redujeron el crecimiento de *A. alternata*, mientras que

la concentración más baja presentó una nula respuesta en comparación con el testigo, pudiendo destacar el efecto antifúngico del extracto de *H. patens* a la concentración de 50,000 ppm, cabe mencionar que bajo el efecto metanólico el hongo produjo mayor volumen de micelio no pudiéndose apreciar la coloración del hongo, por la falta de estructuras (conidios). Pañuelas-Rubio *et al.* (2015) evaluó extractos de etanol, metanol, diclorometano a base de *Larrea tridentata* a diferentes concentraciones de 0, 250, 500 y 750 ppm para *Alternaria* spp, mencionando que la concentración más alta para todos los casos inhibió el crecimiento micelial a diferentes grados, sin embargo el extracto etanólico a 750 ppm tuvo un crecimiento nulo del hongo, mientras que el extracto metanólico mostró un mínimo control sobre el crecimiento, atribuyéndosele que el extracto etanólico contiene ácido nordihidroguayarático (NDGA) y otros fitoestrógenos que no se encuentran en el metanólico, lo que le otorgan esa capacidad antifúngica, mencionando que también se debe a las condiciones ambientales en que la planta se desarrolla, y a la metodología de extracción.

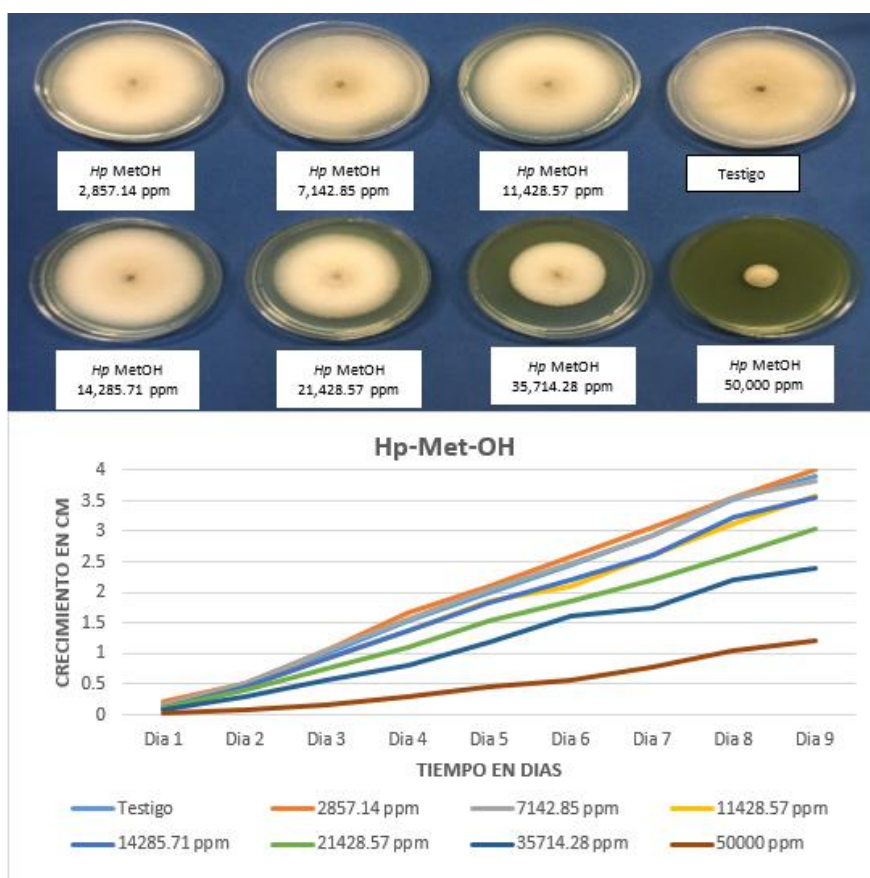


Fig. 7. Crecimiento *in vitro* de *A. alternata* en extracto crudo metanólico de *H. patens*.

4.2.3.1 Porcentaje de inhibición del extracto crudo metanólico de *H. patens* sobre el crecimiento de *A. alternata*

De acuerdo a los datos estadísticos se muestra un $Pr > F = < 0.0001$, de tal forma que al observar las concentraciones evaluadas Fig. 8 se puede apreciar un porcentaje de diferencia de inhibición del 69.8% entre la concentración de 2,857.14 ppm y 50,000 ppm; mientras que a partir de 7,142.85 ppm hasta 14,285.71 se presentaron resultados similares, sin observarse diferencias significativas entre ellos, concentrándose un porcentaje de inhibición promedio de 18.04%. Por otro lado, un estudio obtenido por Rugerio (2013) demostró que el extracto metanólico a base de hojas de *H. patens* a una concentración de 20000 ppm inhibió el crecimiento de *F. oxysporum* a un 57% y *Fusarium* spp a 63% destacando que cuanto mayor sea la concentración del extracto mejor es la respuesta contra el hongo, mencionando que los metabolitos presentes son capaces de retardar y alterar la ultraestructura de los conidios, debido al alto contenido de compuestos fenólicos.

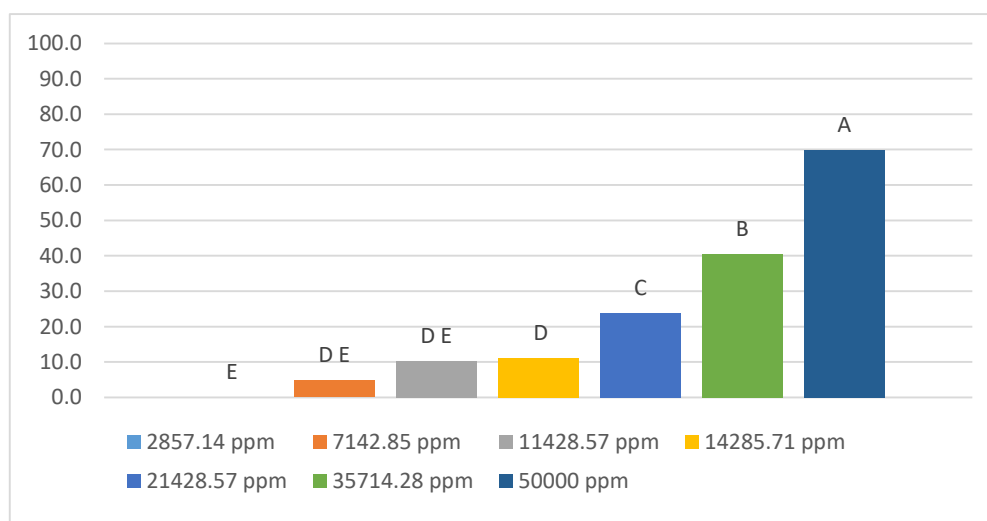


Fig. 8. Porcentaje de inhibición del extracto crudo metanólico de *H. patens* sobre *A. alternata*

4.2.4 Actividad antifúngica del extracto concentrado etanólico a base de *H. patens* a 82°C sobre el crecimiento de *A. alternata*

El desarrollo máximo del hongo se presentó a los 11 días, Fig. 9 apreciándose a todas las concentraciones del extracto por debajo del testigo, sin embargo, se observa que las

concentraciones de 21,428.57, 28,571.42 y 35,714.28 tuvieron similitud de crecimiento micelial, mientras que la concentración más alta fue la que presentó control favorable sobre *A. alternata*. Así mismo, a partir de 28,571.42 ppm hasta 50,000 ppm se visualiza un crecimiento de micelio abundante hacia arriba del explane y no en expansión como se puede apreciar en el testigo; (Terrones (2015) realizó una evaluación para probar el efecto inhibitorio del extracto etanólico de frutos secos, rotoevaporado a una temperatura de 42°C de *Capsicum annuum* var. *annuum* sobre el crecimiento de *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, y *Aspergillus niger*, en donde se mostró un control del crecimiento micelial sobre *Alternaria* a una concentración del 1% y 5% durante los 12 días de su evaluación, obteniendo un efecto antifúngico del extracto, debido al a los diferentes compuestos encontrados como son la capsicina, capsidol, capsicodendrina y capsidina.

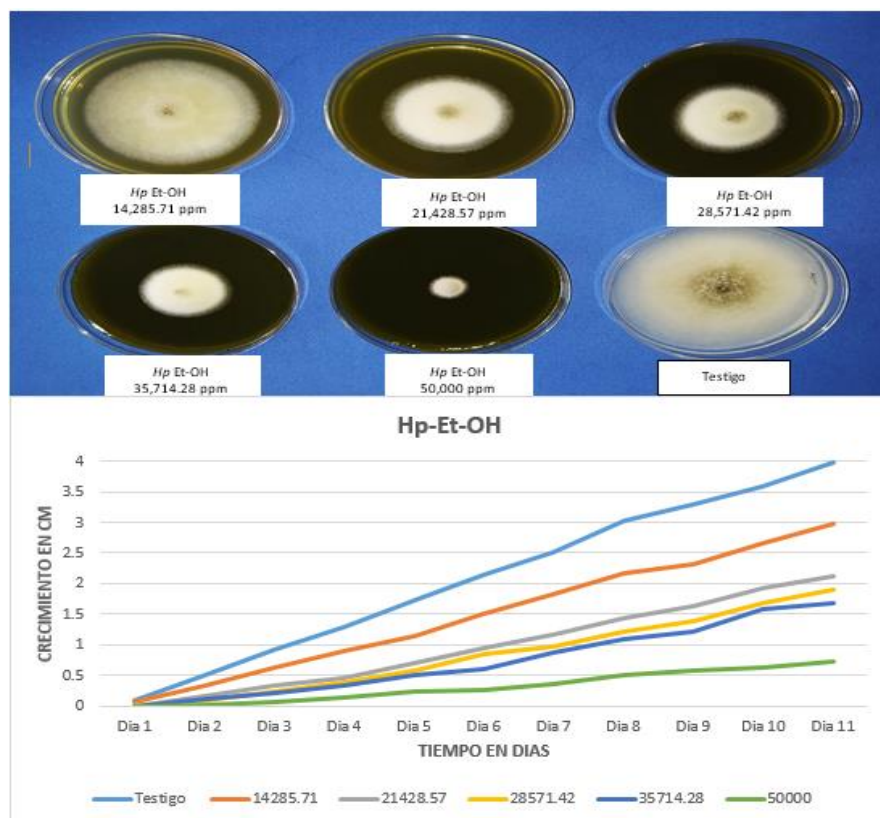


Fig. 9. Crecimiento de *A. alternata* sobre extracto etanólico concentrado a 82°C a base de *H. patens*

4.2.5 Actividad antifúngica del extracto concentrado metanólico a base de *H. patens* a 64°C sobre el crecimiento de *A. alternata*

El extracto metanólico concentrado a una temperatura de 64° C Fig. 10 muestra diferencias de crecimiento micelial comparando la concentración de 14,285.71 ppm contra 50,000 ppm, sin en cambio a partir de la concentración de 21,428.57 ppm a 50,000 ppm se presentó un desarrollo similar pues sólo osciló entre los 2.6-3.1 cm de crecimiento radial, así mismo con ello se apreció una mayor producción de micelio algodonoso en las diferentes evaluaciones. Behiry *et al.* (2022) utilizó extractos metanólicos a una temperatura de 45° a base de hojas de *Urtica dioica* y *Dadonaea viscosa* contra *Alternaria alternata* donde reportó un efecto moderado del extracto sobre el crecimiento del hongo de ambos tratamientos a una dosis de 2000 µg/mL, así mismo se encontraron compuestos polifenólicos como el ácido cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, α -tocoferol de los cuales destaca su actividad fungicida *in vitro*, ya sea solos o combinados, recalcando que los flavonoides y compuestos fenólicos suprimen el hongo al inhibir la germinación de esporas.

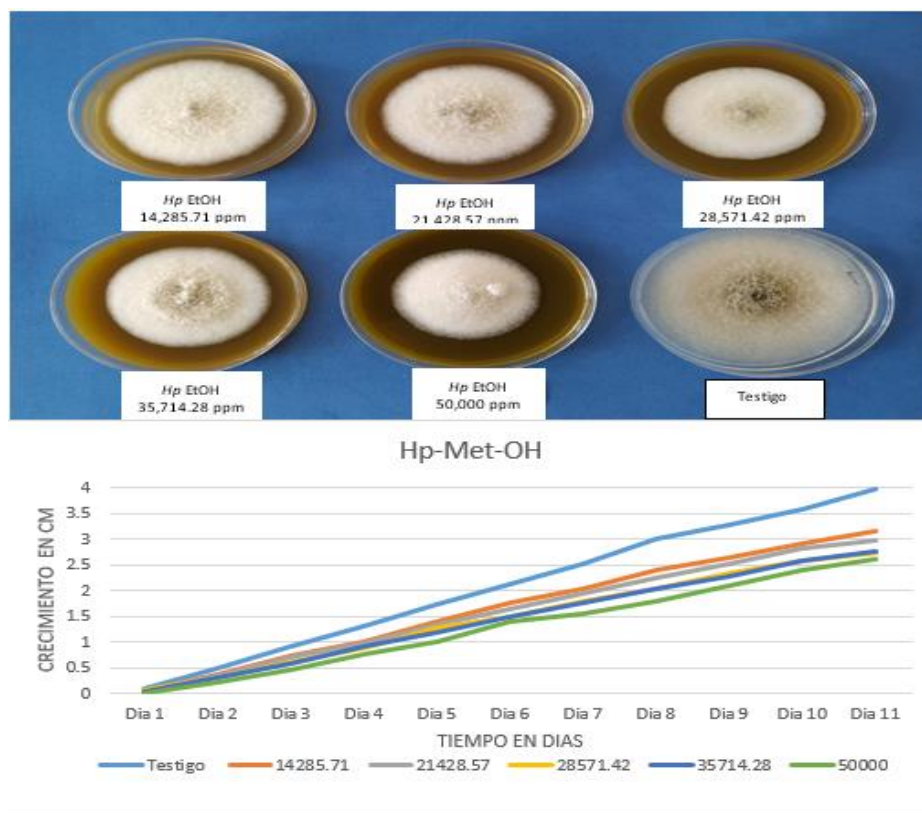


Fig. 10. Crecimiento *in vitro* de *A. alternata* sobre extracto metanólico concentrado a 64°C a base de *H. patens*

4.2.6 Porcentaje de inhibición del extracto *Hamelia patens* concentrado etanólico a 82°C y metanólico a 64°C sobre el crecimiento de *Alternaria alternata*

En la Fig.11 se concentran los datos del porcentaje de inhibición del extracto etanólico (lado izquierdo) y metanólico (lado derecho) a las mismas concentraciones, pudiéndose apreciar que la concentración de 28,571.42 ppm, 35,714.28 ppm y 50,000 ppm etanólico tuvieron más del 50% de inhibición, alcanzando un porcentaje promedio general del 52.96% mientras que el extracto metanólico presentó resultados similares entre tratamientos, obteniendo un porcentaje promedio de 28.84 % lo cual es mucho menor comparando ambos tratamientos. Rodríguez *et al.* (2022) evaluó extractos etanólicos y metanólicos crudos y concentrados, estos últimos a diferentes temperaturas a base de *H patens*, donde destacó que los extractos crudos tienen más efectividad antifúngica sobre *Rhizoctonia solani*, sin embargo, la temperatura ideal para ambos casos fue igual o menor a 82°C, mencionando que la diferencia entre ambos tratamientos se debe a la degradación de los compuestos fitoquímicos que se encuentran normalmente en la planta, teniendo como consecuencia un menor control sobre el crecimiento y desarrollo del fitopatógeno.

Otra evaluación realizada por Rodríguez - Maturino *et al.* (2015) reportaron que el empleo del extracto metanólico concentrado a una temperatura de 70° C a base de *Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum* inhibieron el crecimiento micelial de *Alternaria alternata* en un 41.28% y 38.46%, durante el quinto día de su evaluación, así mismo se redujo la germinación de conidios, atribuyéndosele a la interacción que existe en los compuestos fenólicos y flavonoides que se encuentran en el chile con la pared celular del hongo, inhibiendo enzimas fúngicas.

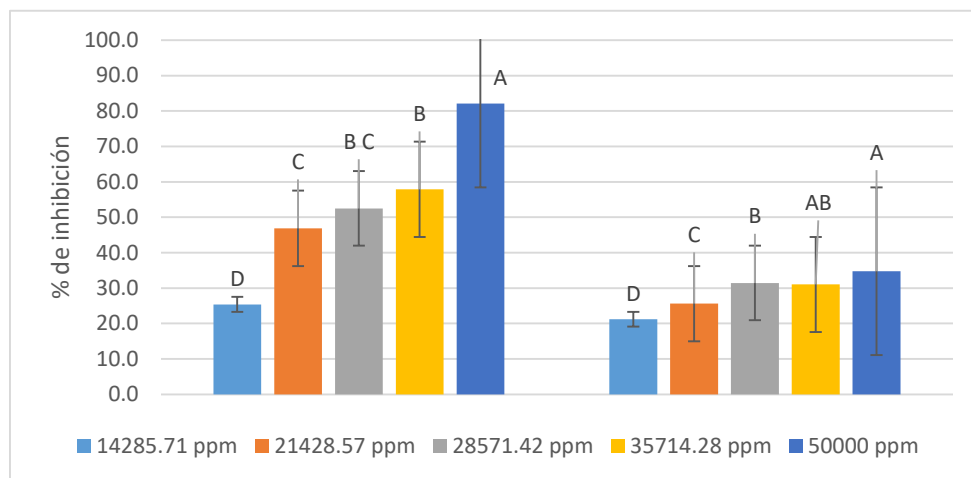


Fig. 11. Porcentaje de inhibición del extracto concentrado etanólico y metanólico de *H. patens* sobre *A. alternata*

4.2.7 Efecto de los extractos concentrados etanólicos y metanólicos de *H. patens* sobre la producción de conidios de *A. alternata*

Sobre el cuadro 6 se muestra el conteo de conidios del *A. alternata* a las diferentes concentraciones de los extractos a las que se sometió, pudiéndose observar que MetOH a partir de 21,428.57 hacia la concentración más baja presentó menor número de conidios mientras que EtOH presentó menor número a partir de 28,571.42 hasta la concentración más alta, destacando entre todos los extractos EtOH a 50,000 ppm como principal inhibidor de estas estructuras del hongo. Sin embargo, el número total de conidios en todas las concentraciones se mantuvieron por debajo del testigo. Ramírez *et al.* (2016) reportó que, los extractos de frutos secos de *Pimenta dioica*, corteza seca de *Cinnamomum zeylanicum* Nees y botones florales secos de *Syzygium aromaticum* por hidrodestilación, hidrodestilación asistida por microondas a una concentración del 30%, y aceites al 1%, contra el hongo *Alternaria solani*, mostró un efecto favorable tanto en crecimiento micelial como en reducción de conidios para el extracto de clavo, sin embargo, aunque el extracto de canela y pimienta permitieron el desarrollo de micelio todas se mantuvieron por debajo del testigo y presentaron una inhibición conidial de 28.31% -58.6 %, argumentando que se debe a la técnica de extracción ya que la hidrodestilación asistida por microondas permite extraer mayor cantidad de metabolitos activos, también atribuyéndosele al tipo de especies y parte de las plantas en uso.

Cuadro 6. Conteo de conidios de *A. alternata* bajo el efecto del extracto concentrado etanólico y metanólico de *H. patens*.

Tratamiento	Conidios/mL	Agrupamiento
Testigo	158 333	A
EtOH 14285.71 ppm	108 333	B
MetOH 14285.71 ppm	66 667	C
EtOH 21428.57 ppm	50 000	C D
MetOH 21428.57 ppm	41 667	C D
EtOH 28571.42 ppm	25 000	D E F
MetOH 28571.42 ppm	33 333	D E
EtOH 35714.28 ppm	8 333	E F
MetOH 35714.28 ppm	8 333	E F
EtOH 50000 ppm	0	F
MetOH 50000 ppm	8 333	E F

4.3 Evaluación *in vivo* de la incidencia de *A. alternata* sobre frutos de tomate recubiertos de una biopelícula de *Aloe vera* y extracto etanólico crudo de *H. patens*

En el bioensayo *in vivo* se determinó la incidencia del patógeno sobre frutos de tomate, en donde se utilizó el extracto crudo etanólico de *H. patens*, el cual mostró mejores potencialidades *in vitro*. Dando como resultado un 83.3% sobre tomates inoculados con el patógeno, seguido del extracto concentrado a 21,428.57 ppm y 28,571.42 ppm donde se presentó un 50% de frutos dañados con pequeños crecimientos de micelio sobre el pedúnculo, el tratamiento de 14,285.71 obtuvo el 33.3%, por último, los extractos a una concentración de 35,714.28, y 50,000 ppm presentaron una incidencia del 16.6%, mientras que el testigo absoluto se mantuvo libre de afectaciones, en su mayoría cada una de las concentraciones del extracto mostraron frutos afectados en diferentes grados; sin embargo, todas las concentraciones evaluadas mantuvieron una incidencia por debajo del testigo inoculado al cual no se le aplicó el *Aloe vera* más el extracto *Hp- Et-OH*.

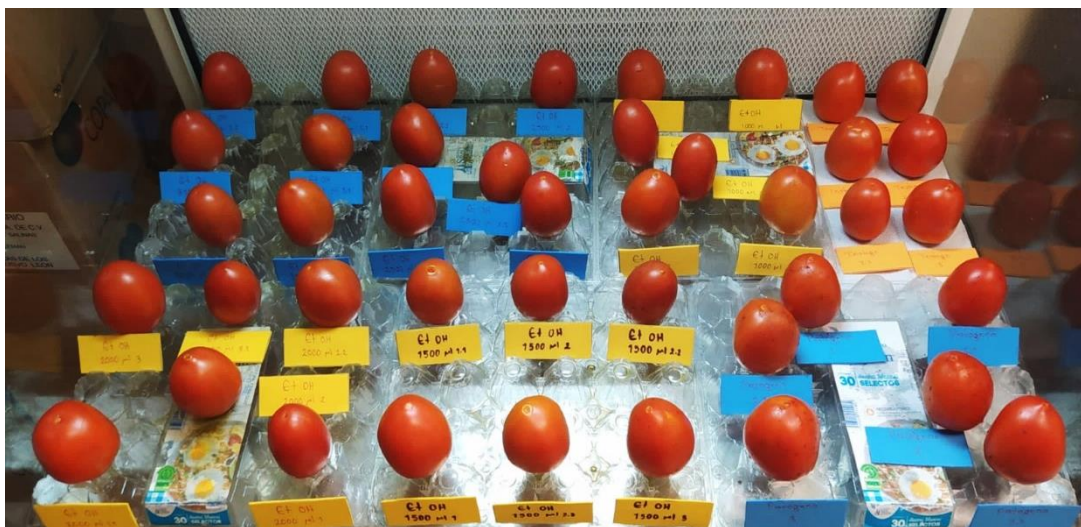


Fig. 12. Ensayo in vivo sobre la incidencia en frutos de tomates recubiertos de *A. vera* + extracto etanólico crudo de *H. patens* + *A. alternata*

4.3.1 Evaluación de la severidad de *A. alternata* sobre frutos de tomate recubiertos de una biopelícula de *A. vera* y extracto etanólico crudo de *H. patens*

La severidad más alta se presentó sobre los tomates inoculados con el patógeno *A. alternata* sin extracto, ya que más del 50% de las unidades experimentales (tomates) presentaron lesiones con micelio que generalmente invadió el pedúnculo, el extracto *Hp*-EtOH a 14,285.71 ppm demostró efectividad de un 60.7%, *Hp*-EtOH a 21,428.57 ppm presentó un 42.7% sobre la invasión de la mancha negra, *Hp*-EtOH a 28,571.42 ppm mostró un resultado de 60.5%, *Hp*-EtOH a una concentración de 35,714.28 ppm obtuvo un 70.7% de efectividad, mientras que el extracto a 50,000 ppm manifestó un 75.8% del control *in vivo* del fitopatógeno sobre la fruta.

Las evaluaciones *in vivo* realizadas por Rizwana, (2021) demostraron que el extracto metanólico a una concentración del 6% a base de semillas de *Annona muricata* sobre frutos de tomate presentaron una baja incidencia y severidad sobre la enfermedad causada por *Alternaria alternata*, mencionando que el daño se redujo hasta un 84%, destacando que en las lesiones se obtuvo un menor diámetro de la lesión en comparación con el inoculado solo con el patógeno.

Cuadro 7. Porcentaje de efectividad del extracto crudo etanólico de *H. patens* sobre la severidad de *A. alternata* en frutos de tomate.

Concentración	Tratamiento	% de efectividad
14,285.71 ppm	<i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH+ <i>A. alternata</i>	60.7
21,428.57 ppm	<i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH+ <i>A. alternata</i>	42.7
28, 571.42 ppm	<i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH+ <i>A. alternata</i>	60.5
35,714.28 ppm	<i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH+ <i>A. alternata</i>	70.7
50,000 ppm	<i>A. vera</i> + <i>Hp</i> -EtOH+ <i>A. alternata</i>	75.8

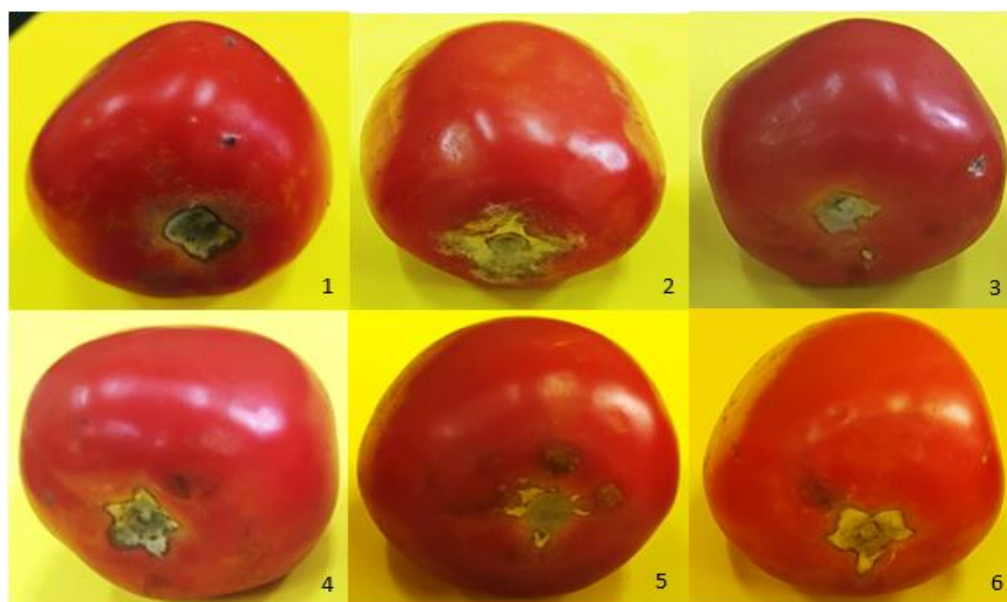


Fig. 13. Ensayo *in vivo*: frutos inoculados con *A. alternata*: 1 Patógeno, 2. *A. vera*+*Hp*-EtOH 14,285.71 ppm, 3. *A. vera*+*Hp*-EtOH 14,285.71 ppm, 4. *A. vera*+*Hp*-EtOH 21,428.57 ppm, 5. *A. vera*+*Hp*-EtOH 35,714.28 ppm, 6. *A. vera*+*Hp*-EtOH 50,000 ppm.

5.CONCLUSIONES

A. alternata causante de la mancha negra en tomate, se logró identificar morfológicamente. Se puede concluir que tanto los extractos etanólicos como metanólicos de *H. patens*, tienen un efecto significativo sobre el control del crecimiento del hongo poscosecha *A. alternata*, a diferentes grados sobre condiciones *in vitro*.

Así mismo los extractos concentrados etanólicos mostraron un efecto significativo, en cuanto a la baja producción de conidios del hongo.

El uso de *Aloe vera* más el extracto *H. patens* mostraron una eficiencia significativa en cuanto a la baja incidencia y severidad sobre el desarrollo de la enfermedad *in vivo*.

6. LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S 1925. A method for computing the effectiveness of the insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18:257-267.
- Abubacker, MN, Sathya, C. y Prabakaran, R. (2013). In vitro Antifungal Potentials of *Hamelia patens* Jacq. (Rubiaceae) Aqueous Extracts of Leaves, Flowers and Fruits. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 10, 699-704.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th Edition). Elsevier Academic Press. 948 p.
- Aguado-Martínez, AM, Fernández-Cavada Labat, S., Cambra-Alvarez, MA, Escriu-Paradell, F., y Luis Arteaga, MP (2014). El virus del mosaico del tomate. <http://hdl.handle.net/10532/5256>
- Ahmad, A., Pandurangan, A., Singh, N., y Ananad, P. (2012). A mini review on chemistry and biology of *Hamelia patens* (Rubiaceae). *Pharmacognosy Journal*, 4(29), 1–4. <https://doi.org/10.5530/pj.2012.29.1>
- Alam, MW, Malik, A., Rehman, A., Sarwar, M., Muhammad, S., Hameed, A., y Ahmed, Z. (2021). Primer informe de *Alternaria alternata* que causa la pudrición de la fruta en el higo (*Ficus carica*) en Pakistán. *Enfermedad de las plantas*, 105 (7), 2015.
- Alcedo, Y. C., y Reyes, I. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento en el biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Bioagro*, 30(1), 59-66.
- Ali, S., Sattar-Khan, A., Nawaz, A., Akbar-Anjum, M., Naz, S., Ejaz, S. y Hussain, S. (2019). *Aloe vera* gel coating delays postharvest browning and maintains quality of harvested litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 157, 110-960.
- Allende-Molar, R., Picos-Muñoz, P. A., Márquez-Zequera, I., Carrillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S., y León-Félix, J. (2013). Identificación morfológica y molecular de *Penicillium oxalicum* causante de pudrición de tallos y frutos de tomate. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(1), 13-19.
- Alvarado-Hernández, A. M., Barrera-Necha, L. L., Hernández-Lauzardo, A. N., y Velázquez-del Valle, M. G. (2011). Actividad antifúngica del quitosano y aceites esenciales sobre *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill., agente causal de la pudrición blanda del tomate. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2), 127-134.
- Arredondo, A., Ávila, R., y Muñoz, L. (2012). Fichas descriptivas de 52 plantas ornamentales que se comercializan en la Huasteca Potosina. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste. México.
- Atlas, (2021). Atlas Big. España: Producción de Tomate por país. AtlasBig.com.
- Ávila, E. P (2015). Manual de Tomate. Cámara de Comercio de Bogotá. 56 p.

- Barnett, H. L. y Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4ª Edición, APS Press, St. Paul, 218.
- Baudoin, A. (2017). *Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas* (No. CIDAB-SB349-B3m). Dirección General de Producción Agropecuaria y Soberanía Alimentaria. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Bolivia).
- Behiry, SI, Philip, B., Salem, MZ, Amer, MA, El-Samra, IA, Abdelkhalek, A. y Heflish, A. (2022). Extractos de hojas de *Urtica dioica* y *Dodonaea viscosa* como bioagentes ecológicos contra el aislado TAA-05 de *Alternaria alternata* de la planta de tomate. *Informes Científicos*, 12 (1), 16-468.
- Brown, S. H., Hammer, R., y Mark, S. (2014). *Hamelia patens* var. *patens*: the native firebush. Univ Florida IFAS Ext, 239.
- Caballero Monge, M., y Meza López, N. (2022). Efecto Antimicótico *in vitro* del Extracto Hidroalcohólico de las hojas de *Hamelia patens* Jacq. (Arco Sacha) frente a la cepa de *Candida albicans*, tesis Licenciatura, Químico Farmacéutico, 63 p.
- Cabrera Valdivia, I. (2019) Efecto antifúngico *in vitro* del extracto etanólico de flores de *Helianthus annuus* L. “girasol” sobre el crecimiento de *Alternaria tenuis* N, tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Ciencias Biológicas 67 p.
- Cáceres Rueda de León, I., Colorado Vargas, R., Salas Muñoz, E., Muñoz Castellanos, L. N., y Hernández Ochoa, L. (2013). Actividad antifúngica *in vitro* de extractos acuosos de especias contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma* spp., *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(2), 105-112.
- Carmona, M. y Sautua, F. (2017). La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas, causas y efectos en cultivos extensivos. *Agronomía y Ambiente*, 37(1) 19 p.
- Cázar, M., Villena, P., Parra, J., Espinoza, V., Larriva, G., y Caldas, A. (2014). Eficacia de extracto etanólico de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el control de *Alternaria* sp. en cultivos de col y patata. *Maskana*, 5(1), 33-41.
- Celis, A., Mendoza, C. F., y Pachón, M. E. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses: revisión. *Temas agrarios*, 14(1), 5-16.
- Cervantes Juan, M. M., Olalde Portugal, V., Martínez Franco, M. B., Notario Zacarías, M. I., y Valdés Rodríguez, S. E. (2020). La cistatina de amaranto previene y controla el tizón temprano en tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 567-580.
- CESAVEM. (2014). Diagnóstico y manejo del cáncer bacteriano *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en Jitomate. México. Recuperado a partir de <http://cesavem.mx/img/fitosanitariodeljitomate/jitomate.pdf>

- Chalapud, M. A. G., Caicedo, C., Ruiz, E. M., y Valencia, M. F. (2016). Propiedades de conservación: recubrimiento a base de quitosano y *Aloe vera* aplicado en papa criolla (*Solanum phureja*). Informador Técnico, 80(1), 9-19.
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (2013). CEAP busca soluciones para combatir hongo *Alternaria alternata*.
- Cotes, A. M., y Elad, Y. (2018). El control biológico en un contexto de manejo integrado de enfermedades. Control Biológico de Fitopatógenos, Insectos y Ácaros, 2, 794-822.
- De Ancos, B., González-Peña, D., Colina-Coca, C., y Sánchez-Moreno, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de iv y v gama. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 16(1), 8-17.
- De Rodríguez, DJ, Puente-Romero, GN, Díaz-Jiménez, L., Rodríguez-García, R., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, JA, y Genisheva, ZA (2019). Digestión gastrointestinal *in vitro* de extractos microencapsulados de *Flourensia cernua*, *F. microphylla* y *F. retinophylla*. Cultivos y Productos Industriales, 138, 111-444.
- Di Liberto, M. G. (2021). Búsqueda de biofungicidas pos-cosecha a partir de fuentes vegetales autóctonas, aplicables a naranjas, frutillas y duraznos. Tesis posgrado, Universidad Nacional del Rosario.
- Domínguez-Barradas, C., Cruz-Morales, G. E., y González-Gándara, C. (2015). Plantas de uso medicinal de la reserva ecológica " Sierra de Otontepec", municipio de Chontla, Veracruz, México. CienciaUAT, 9(2), 41-52.
- Fernández-Valdés, D., Bautista Baños, S., Ocampo-Ramírez, A., García-Pereira, A., y Falcón-Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24(3), 52-57.
- Florence, A., Joselin, J., Sukumaran, S., y Jeeva, S. (2014). Screening of phytochemical constituents from certian flower extracts. Int. J. Pharm. Rev. Res, 4(3), 152-159.
- Flores-Araneda, N. A., Sandoval-Briones, C., y Núñez-Abarca, F. B. (2019). Evaluación de nuevas estrategias para el control químico de pudrición del fruto (*Alternaria alternata*) en tomate industrial (Disertación Doctoral, Escuela de Agronomía Universidad de Talca (Chile).
- Fontanills, Y. R., Ávila, A. L. V., Campos, C. C., Trujillo, M. M., del Castillo, M. S., y Hernández, Y. P. (2018). Composición fitoquímica y actividad antibacteriana de extractos de hoja de *Hamelia patens* Jacq. Biotecnología Vegetal, 18(1).
- García Nieto, D. A. (2020). Estudio del efecto antagónico de idiolitos bacterianos contra *Rhizopus stolonifer* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tesis maestría, BUAP Puebla, México.
- García-Figueroa, A., Ayala-Aponte, A., y Sánchez-Tamayo, M. I. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de *Aloe vera* y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica, 22(2).

- García-Mera, G. A., Salas-Macías, C. A., y Canales-Torres, H. G. (2017). Revestimiento comestible natural à base de *Aloe vera* como una estrategia de conservación de *Psidium guajava*. *Revista Científica*, (30), 224-236.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility) consultado el: 09/03/2023 Consultado el: <https://www.gbif.org/species/2616163>
- Gómez, H. F. (2023). Extractos botánicos para el control de la costra negra de la papa *Rhizoctonia solani* en Papa *Solanum tuberosum* L, tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, agronomía, 87 p.
- Gómez, R. J., Hernández, L. F., López, J. G. y Sánchez, R. L. 2011. Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado de Nayarit. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit. Folleto Técnico No.19- ISBN: 978-607-425-720-5. 85 pp.
- Guerrero-Rodríguez, E., Solís-Gaona, S., Hernández-Castillo, F. D., Flores-Olivas, A., Sandoval-López, V., y Jasso-Cantú, D. (2007). Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Flourensia cernua* DC en patógenos de postcosecha: *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) Keissl., *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. y *Penicillium digitatum* (Pers.: Fr.) Sacc. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1), 48-53.
- Guzmán L., Corradini S.; Antúnez B, Sepúlveda R. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). ISSN 0717 – 4829.
- INECOL (2021). *Botrytis* en bayas. Instituto de Ecología, A. C. Obtenido de: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1235-botrytis-en-bayas>
- INECOL (2021). Coralillo *Hamelia patens*. Instituto de Ecología, A. C. Obtenido de: <http://inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-1/redes-tematicas/37- planta-del-mes/924-hamelia-patens>.
- ITIS (Sistema Integrado de Información Taxonómica) 2023 consultado el: 09/03/2023 disponible en: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=521671#null
- Kaur, M., Thind, SK y Arora, A. (2020). Prevalencia de la mancha negra de la fruta (*Alternaria alternata*) y su manejo. *Phytopathology India*, 73 (2), 245–251. <https://doi.org/10.1007/s42360-020-00229-8>
- Kaushik, C. y Singh, MV (2020). Una revisión fitofarmacológica actualizada sobre *Hamelia patens* Jacq. En t. *J. Pharmacogn*, 7, 52-61.
- Linares-Rivero, C., Quiñones-Gálvez, J., Terylene Pérez-Martínez, A., Carvajal-Ortiz, C., Rivas-Paneca, M., Cid-Valdéz, G., Pérez-Gómez, L., La Rosa-González, S., y Capdesuñer-Ruiz, Y. (2018). Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el

uso de diferentes métodos de extracción. *Biotecnología Vegetal*, 18(1). Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/575>

- López, J., y Melero, J. (2020). Control de enfermedades causadas por hongos y oomycetos en cultivos agrícolas. Departamento de protección de cultivos Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC). Control de enfermedades de plantas Córdoba. España. pág, 20.
- López, M. L. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. San José, Costa Rica. 130 p.
- López-Mata, MA, Ruiz-Cruz, S., Navarro-Preciado, C., Ornelas-Paz, JDJ, Estrada-Alvarado, MI, Gassos-Ortega, LE, y Rodrigo-García, J. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Biotecnia*, 14 (1), 33-43.
- Lou, J., Fu, L., Peng, Y. y Zhou, L. (2013). Metabolitos de hongos *Alternaria* y sus bioactividades. *Moléculas*, 18 (5), 5891-5935.
- Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T., y 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. *European Scientific Journal*, 12(18).
- Mederos-Torres, Y., Bernabé-Galloway, P., y Ramírez-Arrebato, M. Á. (2020). Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Cultivos Tropicales*, 41(3).
- Mesa, V. A. M., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J., y Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 23-30.
- Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile 13 p. Consultado 7 feb. 2023. Disponible en http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Montiel-Salero, D., Jiménez-Aguilar, A., Ramírez-Sánchez, S. E., Ruiz-Juárez, D., Guerrero-Andrade, O., Segundo-Pedraza, E., ... y Flores-Macías, A. (2022). First report of *Alternaria alternata* causing the golden spot in xoconostle (*Opuntia matudae*) in Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(1), 130-144.
- Nieto-Angel, D., Almaraz-Sánchez, A., Ayala-Escobar, V., Orozco-Santos, M., y Lara-Viveros, F. M. (2019). Primer reporte de *Colletotrichum coccodes* en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(3), 195-200.
- Noor, G., Ahmad, M. A., Ahsan, F., Mahmood, T., Arif, M., y Khushtar, M. (2020). A phytochemical and ethnopharmacological recapitulation on *Hamelia patens*. *Drug Research*, 70(05), 188-198.

- Núñez, S. A. D. R. J. (2018). Extractos de plantas y preparados minerales sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phytophthora* spp. y *Alternaria alternata*. tesis licenciatura, UNACH, Chiapas, Mex.
- Obregón, V. (2018). Guía para la identificación de las enfermedades de tomate en invernadero. Ediciones INTA. EEA Bella Vista, Argentina. 54 p.
- Ojito-Ramos, K., Castañeda Bauta, R., Portal, O., y Espinosa Ruiz, R. (2020). Actividad antifúngica *in vitro* de extractos de plantas frente a hongos fitopatógenos de tomate y frijol común. Centro Agrícola, 47, 49-53.
- Okoye, E. L., y Ezeogo, J. I. (2016). Antimicrobial activity of the crude extracts of *Hamelia patens* on some selected clinical samples. Journal of Complementary and Alternative Medical Research 1(1): 1-7.
- Ordoñez Bolaños, DY, Zuñiga Camacho, D., Hoyos Concha, JL, Mosquera Sánchez, SA, y Mosquera Sánchez, LP (2014). Efecto de recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento (*Capsicum annuum*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5 (5), 795-805.
- Palma, R. M. M., Pérez, A. A. F., y Padilla, M. C. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 5(4), 4605-4625.
- Pavón-Moreno, M. Á., González-Alonso, I., Martín-de Santos, R., y García-Lacarra, T. (2012). Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. Nutrición Hospitalaria, 27 (6), 1772-1781.
- Pavón, M., González, I., Martín, R., y García, T. (2015). Importancia del género *Alternaria* como patógeno de cultivos vegetales (I). Fitopatología: Transferencia Tecnológica, 265, 46-50.
- Peñuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Vargas-Arispuro, I. D. C., Lares-Villa, F., Cantú-Soto, E. U., Hernández-Rodríguez, S. E., ... y Mungarro-Ibarra, C. (2015). Bioactividad *in vitro* de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. Polibotánica, (40), 183-198.
- Pérez, J. E. M., y Coto, M. L. (2019). Producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) en invernadero: comparación agronómica entre tipos de tomate. Posgrado y Sociedad, 17(1), 1-20.
- Pérez-Díaz, F., Arévalo-Galarza, M., Pérez-Flores, L. J., Lobato-Ortiz, R., y Ramírez-Guzmán, M. E. (2020). Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana, 43(1), 89-99.
- Pétriacq, P., López, A., y Luna, E. (2018). Decaimiento de frutos por enfermedades: ¿Pueden ayudar la resistencia inducida y el cebado? Plantas, 7 (4), 77.
<https://doi.org/10.3390/plants7040077>

- Pinto, V. E. F., y Patriarca, A. (2017). *Alternaria* species and their associated mycotoxins. *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.), 1542, 13–32. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6707-0_2
- Plata Rosales, G. (2018). Caracterización de enfermedades virales en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero, tesis maestría, Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Pupo, Y. G., Herrera, L., Vargas, B., Marrero, Y., Arévalo, R., y Jiménez, M. C. (2007). Efecto del extracto crudo de hojas de *Tagetes erecta* L. en el control de cuatro hongos patógenos de hortalizas “*in vitro*”. *Centro Agrícola*, 34(4), 83-86.
- Ramírez González, S. I., López Báez, O., Espinosa Zaragoza, S., y Wong Villarreal, A. (2016). Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1879-1891.
- Reyes, M. (2016). “Control de tizón en tomate industrial mediante un sistema de alerta temprana”. Villa Alegre, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°338, 71p.
- Rivas, LM y Mühlhauser, M. (2014). *Alternaria* spp. *Revista Chilena de Infectología*, 31 (5), 605-606.
- Rizwana, H., Bokahri, N. A., Alsahli, S. A., Al Showiman, A. S., Alzahrani, R. M., y Aldehaish, H. A. (2021). Postharvest disease management of *Alternaria* spots on tomato fruit by *Annona muricata* fruit extracts. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2236-2244.
- Rodríguez, N. M.C. (2022). Actividad Inhibitoria in vitro de Extractos de *Hamelia patens* Jacq (Rubiaceae) sobre *Rhizoctonia solani* Kühn (Ceratobasidiaceae), tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, agronomía, 92 p.
- Rodríguez-Guzmán, C. A., Montaña-Leyva, B., Velázquez-Estrada, R. M., Sánchez-Burgos, J. A., de Lourdes García-Magaña, M., González-Estrada, R. R., y Gutiérrez-Martínez, P. (2022). Estado actual de métodos alternativos, de control de hongos y su efecto en la calidad postcosecha de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*). *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24(1).
- Rodríguez-Maturino, A., Troncoso-Rojas, R., Sánchez-Estrada, A., González-Mendoza, D., Ruiz-Sánchez, E., Zamora-Bustillos, R., y Aviles-Marin, M. (2015). Efecto antifúngico de extractos fenólicos y de carotenoides de chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) en *Alternaria alternata* y *Fusarium oxysporum*. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(1), 72-77.
- Rojo-Báez, I., Álvarez-Rodríguez, B., García-Estrada, R. S., León-Félix, J., Sañudo-Barajas, A., y Allende-Molar, R. (2017). Situación actual de *Colletotrichum* spp. en México: taxonomía, caracterización, patogénesis y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(3), 549-570.

- Rozo, MEB, Patriarca, A., Cabrera, G., y Pinto, VEF (2014). Determinación de perfiles de producción de metabolitos secundarios característicos de especies del género *Alternaria* aislada de tomate. *Revista Iberoamericana de Micología*, 31 (2), 119-124.
- Rubio, L., Soler, S., Debreczeni, D. E., Vidal, E., Aramburu, J., López, C., y Galipienso, L. (2018). Evaluación de una nueva accesión de pimiento con tolerancia al virus del bronceado del tomate. *Agrícola Vergel*, (409), 111-116.
- Rugiero, E. C. (2013) Evaluación del efecto antifúngico y potencial antioxidante de plantas medicinales, tesis maestría, Instituto Politécnico Nacional, biotecnología aplicada, 101 p.
- Saavedra, G., Jana, C., y Kehr, E. (2019). Hortalizas para procesamiento agroindustrial. *Boletín INIA N°411*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile) Carrilanca.
- Salas Gómez, A. L., Osorio Hernández, E., Espinoza Ahumada, C. A., Rodríguez Herrera, R., Segura Martínez, M. T. de J., Ramírez, E. N., y Estrada Drouaillet, 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
- Sección de sanidad vegetal (2020). Boletín de avisos fitosanitarios, Consejería de Desarrollo Rural Agroganadería y Pesca. Recuperado el 17 de abril de 2023. Disponible en:
https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/sanidad%20vegetal/avisos/Boletin_2020_abril_ToBRFV_Tomate.pdf.
- SADER (2022). Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. Recuperado el 15 de abril de 2023. Disponible en:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf
- SIAP (2021). Anuario Estadístico de la producción Agrícola.
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIPSA (2014). Boletín mensual, insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Recuperado el 17 de abril de 2023. Disponible en:
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_ene_2014.pdf
- Simmons, E. G. (2007). *Alternaria: an identification manual*. CBS Fungal biodiversity centre, Utrecht, the Netherlands. 77 p.
- Sosa M. A. (2013) Guía para el reconocimiento de enfermedades en el cultivo de tomate. Protección Vegetal. Estación Experimental Agropecuaria. El Colorado, Formosa, Argentina.
- Soto, I. H., Maldonado, A. J., Montiel, R. G. C., Álvarez, G. A., y Hernández-Fuentes, A. D. (2022). *Argemone mexicana* contiene metabolitos secundarios que controlan hongos fitopatógenos. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 8(15), 6-10.
- Taylor, L. (2005) El poder curativo de las plantas de la selva tropical.

- Tenorio, P. P. D. (2017). Efecto inhibitorio del extracto acuoso de *Hamelia patens* (Rubiaceae) frente a la *Porphyromonas gingivalis*. Tesis licenciatura. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Terrones, G. (2013). Efecto antifúngico del extracto etanólico de frutos secos de *Capsicum annuum* var. *annuum* “pimentón” sobre el crecimiento de *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus niger*. *Sagasteguiana*, 1(2), 31-40.
- Thomidis, T. y Filotheou, A. (2016). Evaluación de cinco aceites esenciales como biofungicidas en el control de la pudrición por *Pilidiella granati* en granada. *Protección de Cultivos*, 89, 66-71.
- Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano: Bogotá, Colombia.
- Troncoso-Rojas, R., y Tiznado-Hernández, M. E. (2014). *Alternaria alternata* (black rot, black spot) In: Bautista-Baños S., editor. *Postharvest Decay of Fruits and Vegetables: Control Strategies*.
- Vargas-Díaz, A. A., Gamboa-Angulo, M., Medina-Baizabal, I. L., Pérez Brito, D., Cristóbal-Alejo, J., y Ruiz-Sánchez, E. (2014). Evaluación de extractos de plantas nativas yucatecas contra *Alternaria chrysanthemi* y espectro de actividad antifúngica de *Acalypha gaumeri*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 32(1), 01-11.
- Vinchira-Villarraga, D. M., y Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 2-5.
- Whelan, A. (2018). Bioinsumos: un giro hacia la sustentabilidad (No. H2720). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires (Argentina).
- Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. y Serrano, M. (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88,1287-1293. Doi: 10.1002/jsfa.3220

ANEXOS

Cuadro 8. Varianza del extracto crudo acuoso de *H. patens* contra el crecimiento micelial de *A. alternata*.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	6	704.7991071	117.4665179		
Modelo	6	704.7991071	117.4665179	18.74	<.0001
Error	14	87.7604167	6.2686012		
Total correcto	20	792.5595238			

Coefficiente de variación: 39.86962

R-cuadrada: 0.889270

Cuadro 9. Varianza del extracto crudo etanólico de *H. patens* contra el crecimiento micelial de *A. alternata*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
Tratamiento	6	27486.45833	4581.07639	709.74	<.0001
Modelo	6	27486.45833	4581.07639	709.74	<.0001
Error	14	90.36458	6.45461		
Total correcto	20	27576.82292			

Coefficiente de variación: 6.318573

R-cuadrada: 0.996723

Cuadro 10. Varianza del extracto crudo metanólico de *H. patens* contra el crecimiento micelial de *A. alternata*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	6	10981.17560	1830.19593	57.27	<.0001
Modelo	6	10981.17560	1830.19593	57.27	<.0001
Error	14	447.39583	31.95685		
Total correcto	20	11428.57143			

Coefficiente de variación: 24.73204

R-cuadrada: 0.960853

Cuadro 11. Varianza del extracto concentrado etanólico a 82°C de *H. patens* contra el crecimiento micelial de *A. alternata*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	5005.833333	1251.458333	69.95	<.0001
Modelo	4	5005.833333	1251.458333	69.95	<.0001
Error	10	178.906250	17.890625		
Total correcto	14	5184.739583			

Coefficiente de variación: 7.986904

R-cuadrada: 0.965494

Cuadro 12. Varianza del extracto concentrado metanólico a 64°C de *H. patens* contra el crecimiento micelial de *A. alternata*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	4	345.2083333	86.3020833	25.69	<.0001
Modelo	4	345.2083333	86.3020833	25.69	<.0001
Error	10	33.5937500	3.3593750		
Total correcto	14	378.8020833			

Coefficiente de variación: 6.356739

R-cuadrada: 0.911316

Cuadro 13. Varianza del conteo de conidios de *A. alternata* bajo los extractos etanólicos y metanólicos concentrados de *H. patens*.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	10	71818181818	7181818182	34.47	<.0001
Modelo	10	71818181818	7181818182	34.47	<.0001
Error	22	4583333333	208333333		
Total correcto	32	76401515152			

Coefficiente de variación: 31.23370

R-cuadrada: 0.940010