



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

TESIS

**“Evaluación de la actividad antifúngica
de los extractos de *Salvia officinalis* L. como tratamiento curativo en la
antracnosis de fresa”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
Ingeniero Agrónomo para la Producción Sustentable**

Presenta:

Adan Hernández Lazcano

Directora:

Dra. Iridiam Hernández Soto

Codirector:

Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Asesores:

Dra. Eliazar Aquino Torres

Dr. Jaime Pacheco Trejo

Ing. Verónica Cruz Gómez

Tulancingo de Bravo, Hgo., México, marzo de 2026



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Institute of Agricultural Sciences
Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales
Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., a 17 de marzo de 2026

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Adán Hernández Lazcano**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Evaluación de la actividad antifúngica de los extractos de *Salvia officinalis* L. como tratamiento curativo en la antracnosis de fresa”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dr. Jaime Pacheco Trejo
SECRETARIO	Ing. Verónica Cruz Gómez
VOCAL 1	Dra. Iridiam Hernández Soto
VOCAL 2	Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo
SUPLENTE	Dra. Eliazar Aquino Torres

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

ATENTAMENTE
“Amor, Orden y Progreso”

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
Coordinador del PE de Ingeniería
en Agronomía para la Prod. Sust



c.c.p. Archivo.

“Amor, Orden y Progreso”



Av. Universidad No. 133, Col. San Miguel Huatengo, Santiago
Tulantepec. C.P. 43775. Hidalgo, Mexico.
Teléfono: 7717172000 Ext. 42073
profe_5566@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Con profundo agradecimiento y satisfacción por haber culminado este camino, deseo expresar mi reconocimiento a todas las personas que formaron parte de este recorrido para la realización de esta tesis. Mis sinceros agradecimientos a mi directora de tesis, la Dra. Iridiam Hernández Soto, y a mi codirector, el Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo, por su gran orientación, su disponibilidad constante y, por supuesto, por compartir sus conocimientos durante mi estancia como alumno y tesista.

Mi gratitud a mis asesores, Dra. Eliazar Aquino Torres, Dr. Jaime Pacheco Trejo, Ing. Verónica Cruz Gómez de tesis por el apoyo; mi agradecimiento a todos mis profesores que compartieron sus conocimientos durante mi estancia en la universidad.

Por último, pero menos importante, agradecer a mi querida madre, que me acompañó, me apoyó durante un largo recorrido desde mis inicios hasta el final, para así poder obtener una carrera profesional, el camino fue largo con altas y bajas pero esas experiencias me ayudaron a crecer como persona al igual que a mi querido abuelo, que lo veía desde pequeño dedicándose al campo en la siembra de Café y chilles, fue el que me inspiró a mirar hacia el campo y tener ese gusto y ese amor al campo.

También expreso mi gratitud a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por brindarme las herramientas necesarias para convertirme en un profesional. Para mí, es el comienzo de un largo camino que tengo que recorrer como ingeniero en agronomía para la producción sustentable, ya que es una profesión que asumo con la convicción de generar un impacto profundo y positivo en el campo de México, contribuyendo a su futuro sostenible.

Índice

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Antecedentes	4
4. Marco Teórico	6
4.1 Fresa	6
4.2 Manejo del Cultivo	6
4.2.1 Calidad postcosecha	7
4.3 Hongo Fitopatógeno (<i>Colletotrichum acutatum</i>)	7
4.4 Métodos para obtener extractos	8
4.5 Metabolitos secundarios	9
4.6 Biofungicidas	10
4.7 <i>Salvia officinalis</i> L	10
5. Justificación	12
6. Hipótesis	12
7. Objetivos	12
7. 1 Objetivo general	12
7.2 Objetivos específicos	13
8. Materiales y Métodos	13
8.1 Material vegetal y obtención del extracto	13
8.2 Evaluación <i>in vitro</i> de extractos contra hongos fitopatógenos	14
8.3 Evaluación <i>in situ</i> en fresa	14
8.4 Incidencia y severidad de la enfermedad	16
8.5 Análisis postcosecha	17
8.6 Análisis estadístico	18

9. Resultados	19
9.1 Efecto in vitro de <i>S. Officinalis</i> sobre <i>C. acutatum</i>	19
9.2 Control curativo	20
9.2.1 Incidencia y Severidad	20
9.3 Variables postcosecha	20
9.3.1 Peso	22
9.3.2 Diámetro Polar	23
9.3.3 Diámetro ecuatorial	25
9.3.4 Firmeza	26
9.3.5 Brix	27
9.3.6 Color L*	29
9.3.7 Color a*	30
9.3.8 Color b*	30
10. Discusiones	32
11. Conclusiones	37
12. Referencias	38

Figuras

Figura 1 Cultivo de fresa	5
Figura 2 Antracnosis en el fruto de la fresa.	7
Figura 3 Diagrama de los tipos de técnicas de extracción	
Figura 4 Planta de <i>Salvia officinalis</i> L	10
Figura 5. % de inhibición del extracto de <i>Salvia officinalis</i> L. frente a <i>Colletotrichum acutatum</i> en los diferentes tratamientos, después de 7 días. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de Hotteling ($\alpha = 0,05$). n = 6 error estándar	18
Figura 6. Control curativo en la antracnosis de la fresa en los diferentes tratamientos. A) % de incidencia. B) % de severidad de <i>Colletotrichum acutatum</i> .	

Captan: Fresas inoculadas con aplicaciones de captan; Control: Fresas sanas sin tratamiento adicional; *C. acutatum*: Fresas inoculadas con este hongo sin tratamiento adicional; C. acu+Ext: Fresas inoculadas con la aplicación de extracto de Salvia; Sana+Ext: Fresas sanas con la aplicación de extracto de Salvia. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según el test de Hotteling ($\alpha= 0,05$). n = 5 error 19

Figura 7. Peso del fruto de la fresa con los distintos tratamientos. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha= 0,05$). n = 5 error. 21

Figura 8. Diámetro polar de la fruta de fresa con los distintos tratamientos. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha= 0,05$). n = 5 error. 22

Figura 9. Diámetro ecuatorial de la fruta de fresa. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha= 0,05$). n = 5 error 24

Figura 10. Firmeza del fruto de la fresa. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha= 0,05$). n = 5 error. 25

Figura 11. °Brix del fruto de la fresa. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha= 0,05$). n = 5 error 27

Tablas

Tabla 1 Extracto de <i>Salvia officinalis</i> L. y su actividad antifúngica.	4
Tabla 2 Descripción de tratamientos	14
Tabla 3 Cambios de color en la fruta de fresa durante la postcosecha	31

1. Resumen

Las pérdidas ocasionadas por hongos fitopatógenos en el cultivo de fresa generan un impacto negativo que amenaza la disponibilidad de alimentos, lo que conlleva al uso indiscriminado de fungicidas y provoca un impacto ambiental, económico y en la salud humana. Se destaca el hongo *Colletotrichum acutatum* agente causante de una enfermedad devastadora que provoca severas pérdidas de rendimiento y calidad, afectando frutos, flores, pecíolos y estolones. Entre algunas alternativas se ha considerado el uso de extracto de plantas, como *Salvia officinalis* L. que tiene antecedentes documentados de actividad antifúngica. En el presente estudio se obtuvieron extractos metanólicos provenientes de las hojas de la planta, se evaluó la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos en diferentes concentraciones (10, 15 y 20 mg/L) contra *Colletotrichum acutatum*. Posteriormente se realizó un experimento *in situ* para evaluar la actividad antifúngica en frutos de fresa, así como incrementar la calidad postcosecha de este fruto.

Los resultados indican que la concentración de 20 mg/L inhibió a *Colletotrichum acutatum* en un 90%, y el extracto se destaca por conservar la calidad de la fresa, como el peso, la firmeza, el diámetro, el Brix y el color, gracias a sus compuestos fenólicos y antioxidantes, que retienen el agua y regulan la respiración del fruto. El extracto de *S. officinalis* L es una alternativa para controlar *Colletotrichum acutatum* que causa una enfermedad de gran impacto, brindando seguridad a la salud humana y al medio ambiente.

Palabras clave: Extracto metanolico, *Colletotrichum acutatum*, fungicida, calidad, postcosecha, fresa

2. Introducción

La fresa (*Fragaria × ananassa*) es un cultivo alimenticio valioso e importante apreciado por consumidores de todo el mundo. Mas allá de su atractivo sensorial como textura, color, sabor y aroma, la fresa se destaca por su aporte nutricional y sus importantes beneficios para la salud (Sunico et al., 2024). Sin embargo, el cultivo es susceptible a enfermedades como la antracnosis causada por *Colletotrichum acutatum*, esta conlleva a daños severos, afecta en menor grado a cultivos como arándano, manzana y aguacate. El hongo desarrolla síntomas en los cultivos de forma rápida o permanece en estado de quietud hasta la etapa de postcosecha (Aboulthana & El-Feky, 2016).

Hasta ahora, el principal método de control es el uso de fungicidas sintéticos, que cuando se usan en exceso pueden causar daños fisiológicos a la planta, así como afectar el medio ambiente y la salud humana (González et al., 2025). Debido a esto, se ha llevado a cabo la búsqueda de alternativas naturales, amigables con el ambiente y que protejan los cultivos (Fenta, 2024). Una de estas alternativas es el uso de extractos vegetales como biofungicidas, debido a la presencia de metabolitos secundarios (Hernández-Soto et al., 2025). Los metabolitos secundarios pueden clasificarse en función de sus rutas biosintéticas en tres grandes grupos: los terpenoides, los metabolitos con nitrógeno y los compuestos fenólicos. Este último grupo desempeña un papel importante en el crecimiento y la reproducción de las plantas, y está involucrado principalmente en la protección contra patógenos, depredadores y otros factores, como la radiación ultravioleta del sol (Cenobio Galindo et al., 2024). Una fuente interesante de metabolitos secundarios es *Salvia officinalis* L., una planta herbácea perenne perteneciente a la familia de las labiadas, común en regiones mediterráneas y otras zonas templadas del mundo. Sus hojas contienen diterpenos y compuestos fenólicos, que poseen acción antibacteriana, antifúngica y antiviral (de Aguiar, 2024). Trabajos previos reportan extractos vegetales contra *Colletotrichum*, en los que se determinó el efecto de los extractos etanoicos (EE) de hojas de *Azadirachta indica* sobre *Colletotrichum* en cultivo de mango (Bolívar et al., 2009). También se encuentra otro estudio en el que se analiza el tratamiento con extracto de lavanda obtenido mediante el

método de arrastre de vapor, que presenta la mayor eficacia para el control del hongo de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) (Villacís Aldaz et al., 2017).

En este estudio se consideró relevante evaluar la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos de *Salvia officinalis* L. contra *Colletotrichum acutatum* para proponer una alternativa ecológica para el control de esta enfermedad que causa reducciones en la producción y la calidad del cultivo de fresa.

3. Antecedentes

A nivel global, las enfermedades fúngicas representan uno de los factores limitantes para la producción de fresa, generando pérdidas económicas significativas tanto en precosecha como en postcosecha. Se estima que las pérdidas postcosecha pueden alcanzar hasta un 50% de la producción en algunos países (IFAPA, 2021) destacando el agente causante de *Colletotrichum acutatum*. El control de estos hongos fitopatógenos ha dependido de la aplicación de fungicidas de síntesis química, si bien estos productos son efectivos, su uso generalizado y en ocasiones indiscriminado generan una problemáticas (Guédez et al., 2009). Por esta razón surgen alternativas para su control, evitando un impacto ambiental en la Tabla 1 se presentan algunos antecedentes sobre los extractos de Salvia contra hongos fitopatógenos que afectan la producción de cultivos de interés comercial.

Tabla 1 *Extracto de Salvia officinalis* L. y su actividad antifúngica.

Parte de la planta empleada	Solvente	Hongo fitopatógeno	Resultados	Referencia
Partes aéreas de la planta	Etanol al 70%	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Penicillium funiculosum</i> , <i>Penicillium ochrochlorum</i> y, <i>Penicillium verrucosum</i> .	Las cepas fúngicas analizadas resultaron sensibles a todos los extractos de Salvia. <i>S. officinalis</i>	Mocan et al., 2020
Partes aéreas de la planta	Hidrodestilación	<i>Fusarium graminearum</i>	Actividad fungicida	Sumalan et al., 2018

Partes aéreas y raíces de la planta	Etanol	<i>Microsporium gypseum</i> , <i>Trichophyton mentagrophytes</i> <i>van. erinacei</i> y <i>Candida parapsilosis</i>	Actividad fungistática	Tan et al., 2015
Planta seca	Hidrodestilación	<i>Fusarium graminearum</i>	Actividad fungistática	Sumalan et al., 2015
Planta seca	Hidrodestilación	<i>Fusarium oxysporum f. sp</i>	Actividad fungistática	Yilar et al., 2016

4. Marco Teórico

4.1 Cultivo de la fresa

La fresa pertenece a la familia *Rosaceae* (Figura 1), es una herbácea, cuya raíz es fasciculada y está compuesta por raíces y raicillas. Es pequeña, de no más de 50 cm de altura. El fruto es el resultado de la agregación de muchos carpelos secos diminutos sobre un receptáculo carnoso, es de color rojo, tiene un sabor dulce y un aroma característico. México es el segundo productor de fresa a nivel mundial generando 468.25 mil toneladas, del cual el 52.2% se destina para exportación a Estados Unidos, Alemania y Francia que son los mercados principales (SAGARPA, 2017).



Figura 1. Cultivo de fresa. Fuente: (Novagric 2024)

4.2 Manejo del Cultivo

El cultivo de la fresa puede propagarse de distintas formas, entre ellas la siembra por semilla, la multiplicación por brotes y la reproducción *in vitro*. La más utilizada entre los productores es la propagación de brotes. Antes de la siembra se debe de realizar un tratamiento de las camas se sugiere para protección contra hongos y/o bacterias. En términos de requerimientos edafoclimáticos las temperaturas adecuadas para el cultivo de fresa se ubican entre 15 a 25 °C, no obstante, el cultivo necesita acumular una cadena de horas frío, con temperaturas inferiores a los 7 °C, para que el follaje y el cuajado sean abundantes. La humedad relativa (HR) ideal para el cultivo de la fresa oscila entre el 60 y 70%, ya que, si se supera el porcentaje, favorece la presencia y el desarrollo de agentes causales de enfermedades. Los suelos adecuados para el cultivo son los arenosos o franco-arenosos, aireados, con

buen drenaje y ligeramente ácidos, con el fin de permitir el desarrollo de las raíces (Lira & Ruiz, 2023). Con respecto a la nutrición tiene una alta demanda de nitrógeno (N) y de potasio (K) debido a que son los mayores componentes de la fruta, las dosis óptimas de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son esenciales para el desarrollo del cultivo, el potasio incrementa la producción floral y el rendimiento en fruta. El calcio es importante para la firmeza de los frutos; la deficiencia de boro puede provocar una reducción en la producción de polen viable, y la deficiencia de zinc provoca frutos pequeños y reduce el rendimiento (Mendieta Muñoz, 2011).

4.2.1 Calidad postcosecha del fruto fresa

La calidad y la vida del fruto se determina en la etapa postcosecha, la cual es muy corta y son muy susceptibles al ataque por microorganismos y al daño físico durante su manejo, entre las causas de pérdida de calidad de los frutos de fresa se encuentra su sensibilidad al deterioro por ataque de hongos fitopatógenos, los cuales ocasionan importantes pérdidas que puede ser de 15 % hasta 95% de los frutos en 48 horas después de ser cosechados (Parvez & Wani, 2018).

Los parámetros de calidad en frutas y hortalizas están ligados a los atributos como color, sabor, valor nutricional y buena apariencia; dándoles un valor a los alimentos dependiendo de las exigencias del mercado. Los parámetros de mayor interés son una buena apariencia de los frutos, tamaño, grados Brix, para los distribuidores requieren frutos con gran apariencia firmeza y larga vida anaquel (Guerrero Ramírez, 2017).

4.3 Hongo Fitopatógeno *Colletotrichum acutatum*

- **Filo:** Ascomycota
- **Clase:** Sordariomycetes
- **Orden:** Glomerellales
- **Familia:** Glomerellaceae
- **Género:** *Colletotrichum*

Colletotrichum es uno de los géneros causantes de enfermedades vegetales más importantes a nivel mundial, lo que ocasiona pérdidas económicas considerables en la agricultura. Es de gran impacto en frutales, tanto en áreas de climas templados

como subtropicales y tropicales, está presente en una amplia gama de cultivos, incluida la fresa (Espinoza Altamirano, 2010). La enfermedad se caracteriza por lesiones necróticas hundidas, oscuras, de forma circular a irregular en diferentes tejidos. Además, ocasionan otras enfermedades como podredumbres de fruta, tallo y corona, marchitamiento de plántulas, y tizones florales se manifiesta en lesiones semicirculares con hundimientos en forma de anillos concéntricos (Fernández, 2022) (Figura 2).



Figura 2. Antracnosis en el fruto de la fresa. Fuente: (Patología vegetal 2017)

4.4 Métodos de obtención extractos de compuestos bioactivos

La extracción de metabolitos secundarios de plantas se realiza a partir de diversos procesos, como: maceración, fermentación, infusión, decocción y arrastre de vapor, entre otras (Figura 3). Los principios activos presentes en cada planta son complejos fitoquímicos, se pueden encontrar gran variedad a diferentes concentraciones, por lo que sus beneficios son variados. Existen compuestos activos que pueden servir para combatir plagas y enfermedades, así como para estimular el desarrollo vegetativo e inductores de resistencia a factores abióticos como sequía, granizo, heladas, entre otros (INIFAP, 2022).

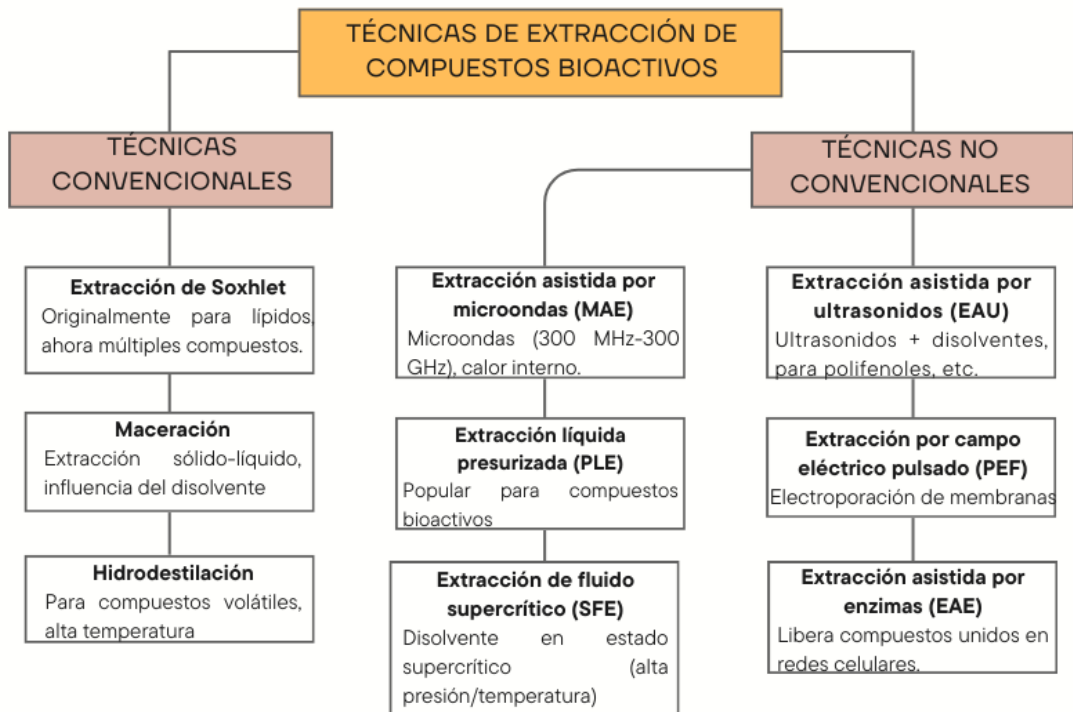


Figura 3. Tipos de técnicas de extracción. Fuente: (Cenobio Galindo et al., 2024)

4.5 Metabolitos secundarios

El metabolismo vegetal es un proceso dinámico que integra rutas primarias (crecimiento, desarrollo) y secundarias (defensa, estrés), respondiendo a factores bióticos y abióticos (Fernie, 2024). Las plantas han desarrollado una amplia gama de metabolitos secundarios que actúan como compuestos de defensa contra herbívoros, patógenos y plantas competidoras. A diferencia de los metabolitos primarios, esenciales para el crecimiento y el desarrollo, los metabolitos secundarios suelen ser específicos de cada especie y se acumulan en respuesta a los desafíos ambientales (Bennett & Wallsgrove, 2001). Los metabolitos secundarios, se distribuyen diferencialmente entre grupos taxonómicos, presentan propiedades biológicas; muchos desempeñan funciones ecológicas y se caracterizan por sus diferentes usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas, herbicidas, perfumes o colorantes, entre otros (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009). Los metabolitos secundarios como terpenos, alcaloides y compuestos fenólicos juegan un papel muy importante en su adaptación ante el estrés ambiental y en la defensa

frente a potenciales depredadores y patógenos organismos que causan enfermedades (Cenobio Galindo et al., 2024). Las plantas producen y liberan estos metabolitos cuando se encuentran en condiciones de estrés, ocasionadas por otros organismos vivos, factores no vivos o desastres naturales. Esto ha llamado la atención de investigadores de distintas áreas de ciencia y tecnología, y se han descubierto diversas aplicaciones (Lustre Sanchez, 2022).

4.6 Biofungicidas

Los biofungicidas se forman a partir de microorganismos beneficiosos como hongos especializados, bacterias, actinobacterias, metabolitos y extractos vegetales, Estos productos son cada vez más difundidos y se promocionan como alternativa al uso de agroquímicos que son ecológicamente inaceptables, debido a sus efectos contaminantes en el suelo, agua y aire (León, 2020). El uso de microorganismos antagónicos como control alternativo a los pesticidas químicos evita que las esporas de hongos o bacterias germinen y causen enfermedades en las plantas. (Héctor et al., 2020).

4.7 *Salvia officinalis* L

Salvia es uno de los géneros aromáticos y medicinales más grandes e importantes de la familia Lamiaceae, comprende alrededor de 1000 especies distribuidas en todo el mundo. Se ha reportado que las especies de Salvia poseen actividades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas, antivirales, citotóxicas, neuroprotectoras, antiinflamatorias y otras actividades biológicas. La *Salvia officinalis* L, (Figura 4) conocida como salvia común o salvia de jardín, es un arbusto perenne originario de la región costera norte del Mediterráneo, pero ampliamente cultivado en muchos países debido a su importancia culinaria y medicinal (Duletiç-Lauseviç & Alimpiç, 2016). Todas las salvias tienen una composición química compleja con abundantes metabolitos de tipo terpénico como: monoterpenos y sesquiterpenos principales constituyentes de los aceites esenciales; diterpenos como: carnosol, rosmanol epirosmanol, ácido carnósico y triterpenos derivados del ursano y oleanano (Martinez Cadavid, 2021).



Figura 4. Planta de *Salvia officinalis* L. Fuente: (OSMI 2024)

5. Justificación

De acuerdo con estimaciones de la FAO, alrededor del 40% de los cultivos alimentarios en el mundo disminuyen su rendimiento debido a daños causados por plagas y enfermedades de origen vegetal. La fresa es uno de los cultivos con mayor valor agregado en la industria frutícola mexicana, por lo que existe un auge en el desarrollo de nuevas plantaciones. Sin embargo, la producción de frutillas se ve afectada por problemas fitosanitarios, entre los que destaca *Colletotrichum acutatum*. Entre este y diversos fitopatógenos afectan aproximadamente al 60% de las plantaciones, por tanto, es de gran importancia implementar medidas de control eficientes. El control químico por medio de fungicidas sintéticos para el manejo de enfermedades genera un gran impacto ambiental, por esta razón se buscan otras alternativas más amigables a los factores bióticos y abióticos y que presenten menor riesgo a la salud humana. Una alternativa es el uso de extractos vegetales, como el de *Salvia officinalis* L, una planta arbustiva con antecedente antifúngico destacando su inhibición, por lo cual se consideró el extracto para la evaluación de la actividad antifúngica contra *Colletotrichum acutatum* para disminuir los efectos de la enfermedad y mantener la calidad del fruto.

6. Hipótesis

Los extractos de la planta *Salvia officinalis* L. presentan actividad antifúngica frente a *Colletotrichum acutatum* e incrementan la vida útil de fresa.

7. Objetivos

7. 1 Objetivo general

Evaluar la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos de *Salvia officinalis* L. sobre *Colletotrichum acutatum*, y valorar la vida útil de este cultivo de manera *in situ* con el fin de establecer su potencial como una alternativa de control del hongo.

7.2 Objetivos específicos

- Obtener extractos de *Salvia officinalis* L. mediante maceración con metanol como solvente, para evaluar su actividad antifúngica sobre *colletotrichum acutatum*.
- Evaluar la actividad antifúngica in vitro de los extractos de *Salvia officinalis* L. a concentraciones de 10, 15 y 20 mg/L frente a *Colletotrichum acutatum*, mediante la medición del crecimiento micelial con el fin de determinar la dosis más efectiva para inhibir el hongo.
- Determinar la incidencia y la severidad de la enfermedad en frutos de fresa previamente inoculados y tratados, mediante el conteo de unidades afectadas y la medición del avance del crecimiento micelial con el propósito de determinar la eficacia de los tratamientos en la inhibición de la enfermedad.
- Analizar el efecto del extracto sobre la vida útil del fruto de fresa (*Fragaria × ananassa*) mediante parámetros físicos como peso, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix), y diámetro polar y ecuatorial, así como el color del fruto con la intención de señalar cual tratamiento contribuye a preservar la calidad postcosecha del fruto.

8. Materiales y Métodos

8.1 Material vegetal y obtención del extracto

Las plantas de *Salvia* se obtuvieron en el Mercado Municipal de Tulancingo; posteriormente, se secaron a temperatura ambiente durante 7 días, se lavaron, se trituraron y se homogeneizaron en un molino de cuchillas (GRINDOMIX GM 200, Glen Mills Inc., Clifton, Nueva Jersey, EE.UU.). Después, la muestra vegetal se maceró durante 48 horas en metanol. Se mezclaron 10 g de planta con 200 ml de solvente, después se filtró con papel de filtro Whatman no. 1. Para evaporar el solvente de la muestra, se empleó un evaporador rotativo (BUCHI modelo R-215, Equipar, Diclab TM, México) durante alrededor de 2 horas a temperatura de 40 °C y

una presión de 60 mbar. Finalmente, los extractos se almacenaron a temperatura ambiente 22 ± 2 °C hasta su posterior uso (Henández-Soto et al., 2025).

8.2 Evaluación *in vitro* de extractos contra hongos fitopatógenos

El efecto antifúngico de los extractos de hojas de *Salvia officinalis* L. sobre el crecimiento de hongos se evaluó mediante el método de dilución en agar. Los extractos con las concentraciones respectivas (10, 15 y 20 mg/L) se incorporaron al medio de cultivo (PDA) después del proceso de esterilización del medio en una autoclave vertical (Evar, EV-30, EQUIMLAB, México) durante 15 minutos a 121 °C en cajas Petri, cuando la mezcla se homogenizo y gelifico se colocó en el centro el explante de la resiembra; Cinco repeticiones por tratamiento y cinco tratamientos que se describen a continuación:

Tabla 2 Descripción de tratamientos

Tratamientos	Descripción	Concentración	No. De repeticiones
T1	Extracto de <i>Salvia officinalis</i> L.	10 mg/L	5
T2	Extracto de <i>Salvia officinalis</i> L.	15 mg/L	5
T3	Extracto de <i>Salvia officinalis</i> L.	20 mg/L	5
T4	Fungicida comercial Captan ®	3×10^6 mg/L	5
T5	Testigo absoluto (solo medio PDA)	0 mg/L	5

El diámetro de crecimiento micelial (mm) se midió con un vernier digital (CALDI-6MP, Truper, México). Las mediciones se tomaron cada 24 h durante siete días. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial se determinó utilizando el control uno como referencia y se calculó mediante el método reportado previamente por Hernández-Soto et al., 2018:

$$\% \text{ Crecimiento} = [\varphi h / \varphi b] \times 100\%$$

$$\% \text{ GI} = 100 - \% \text{ crecimiento}$$

Donde: φh representa el crecimiento fúngico (mm), φb es el diámetro de crecimiento fúngico del control negativo correspondiente a cada réplica y % GI es el porcentaje de inhibición del crecimiento.

8.3 Evaluación *in situ* en frutos de fresa

Para el ensayo *in situ* se emplean fresas de la variedad Festival. El cultivo se estableció en Cuauhtepac de Hinojosa bajo una cubierta de polietileno, el material vegetal se obtuvo mediante la siembra de fresa en charolas de germinación. Cuando las plántulas alcanzaron 20 cm de altura y presentaron 3 hojas verdaderas, se trasplantaron en bolsas de polietileno de 12 L que contenían una mezcla de turba y perlita en proporción 1:1 (v/v). Para la nutrición del cultivo, se utilizó una solución Steiner adaptada a la etapa fenológica (25 % durante la etapa vegetativa, 50 % durante la etapa de floración, 75 % durante el cuajado del fruto y 100 % durante el llenado y la cosecha del fruto) (Hernández-Soto et al., 2025). Se utilizó un sistema de riego por goteo que ajustó las cantidades de riego para cada fase de crecimiento, considerando las dinámicas de manejo, ambientales y de desarrollo (100 mL para la etapa vegetativa y 500 mL para la etapa de floración).

La fruta se cosechó cuando tenía un grado de madurez de 6 en la escala propuesta por Delgado (2017). La fruta se desinfectó superficialmente mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% (v/v) durante 3 minutos y luego se lavó con agua corriente. Después, se secó sobre papel absorbente en un espacio designado dentro del laboratorio, que contaba con mecheros a su alrededor para mantener el lugar estéril. Se consideraron los tratamientos que se describen a continuación: (1) Captan: Fresas inoculadas con aplicaciones de captan; (2) Control: Fresas sanas sin tratamiento adicional; (3) *C. acutatum*: Fresas inoculadas con este hongo sin tratamiento adicional; (4) *C. acu*+Ext: Fresas inoculadas con la aplicación de extracto de *Salvia*; (5) Sana+Ext: Fresas sanas con la aplicación de extracto de *Salvia*.

Control curativo: Para la inoculación de la fruta se empleó el fitopatógeno *Colletotrichum acutatum*, se realizó un conteo de esporas con una cámara de Newvawer y se ajustó a una concentración de 1×10^6 esporas por cada mililitro (Moo-Koh Amalia, 2014) Luego de 1 h posterior al lavado y desinfección, se realizaron tres orificios de 2 mm profundidad sobre la superficie de los frutos con la ayuda de una aguja de disección, en cada uno se colocó 50 μ L de una suspensión de conidios del hongo (Bolivar et., 2009). Los tratamientos previamente descritos se aplicaron 24 días después de la inoculación. Para los tratamientos con extracto de Salvia, previamente se preparó una mezcla que consistía en la concentración de extracto más efectiva del ensayo *in vitro* (20 mg/L), solubilizada en 500 mL de agua combinada con 2 mL de adherente Bionex® y 2 mL de Tween 20 (Hernández Soto et al., 2025). Las fresas respectivas se sumergieron por 5 minutos, luego estas se colocaron sobre papel absorbente en una zona inocua por 30 minutos, posteriormente se colocaron en domos de plástico con una distribución en función a cada tratamiento. Para asegurar las condiciones adecuadas para el desarrollo del fitopatógeno, se colocó algodón húmedo dentro del domo; con ayuda de un hidrómetro digital, se monitorearon la humedad (80 %) y la temperatura (20 °C) del domo hasta el final de los ensayos. Lo anterior, siguiendo la metodología de Baños Guevara et al., (2004) con algunas modificaciones.

8.4 Incidencia y severidad de la enfermedad

La incidencia y severidad se evaluaron en los días 1, 3, 7 y 10 posteriores a la aplicación de los tratamientos; siguiendo la metodología de (Mykhailenko et al., 2022). La incidencia de la enfermedad se determinó según la siguiente ecuación:

$$P = n/N * 100$$

Donde: P= incidencia de la enfermedad, %; n= número de frutos con síntomas de la enfermedad; N= cantidad total de frutos en evaluación.

La severidad de la enfermedad se midió como la proporción del área foliar visiblemente afectada. La gravedad de la podredumbre gris se estimó en una escala de 0 a 4, donde 0 = sin síntomas visibles; 1 = hasta el 10 % de los frutos infectados; 2 = 11-25 % de los frutos infectados; 3 = 26-50 % de los frutos infectados; 4 = más del 50 % de los frutos infectados. La escala se convirtió a porcentaje mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\sum nb}{N * K} 100$$

Donde: R= = severidad de la enfermedad, %; n= número de plantas con síntomas de la enfermedad; b= puntaje de infección; N= cantidad total de plantas en evaluación; K = el puntaje más alto en la escala.

8.5 Análisis postcosecha

Se evaluaron la firmeza, el peso, el diámetro polar, el diámetro ecuatorial y el color del fruto. Las evaluaciones se realizaron 1, 3, 7 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos. Todos los frutos se conservaron a temperatura ambiente. Para determinar la firmeza se empleó un penetrómetro; se realizaron 3 punciones en cada muestra. El modelo utilizado para conocer la firmeza de los frutos fue GY-3 de la marca Shahe, siguiendo la metodología de (Zahed Fathizadeh, 2021) El peso del fruto se determinó pesando los frutos con una báscula digital (OHAUS, Nueva Jersey, EE. UU.). Los resultados se expresan en gramos y se obtuvieron por quintuplicado, siguiendo la metodología de (Cenobio-Galindo et al., 2019) mientras que, para el diámetro ecuatorial y polar, se utilizó un vernier digital (CALDI-6MP, Truper, México). Los resultados se expresan en mm y se obtuvieron por quintuplicado, siguiendo la metodología de Zaldívar Ortega y otros (2025), con algunas modificaciones. El color externo se determinó con un colorímetro CM-508d (Minolta, Japón) para evaluar los parámetros L* (luminosidad), a* (de verde a rojo) y b* (de azul a amarillo). Se realizaron tres mediciones en cada fruto y se examinaron 5 frutos por tratamiento por día de medición (Cenobio-Galindo et al., 2019).

8.6 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar; Se realizó un análisis de varianza y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Fisher ($\alpha = 0,05$) para analizar las variables de calidad postcosecha en fresa. Para determinar las diferencias entre tratamientos en la actividad antifúngica in vitro, incidencia y severidad de *Colletotrichum*, se realizó un análisis de varianza multivariado de medidas repetidas y la prueba de Hotteling ($\alpha = 0,05$). Todos los procedimientos estadísticos se realizaron con el programa Infostat 2020.

9. Resultados

9.1 Efecto *in vitro* de *S. officinalis* sobre *C. acutatum*

Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que el extracto de *Salvia* presenta actividad biológica frente a la enfermedad *Colletotrichum acutatum*. El tratamiento Captan mostró actividad fungicida durante los 7 días de evaluación en *C. acutatum*, mientras que el tratamiento de 20 mg/L mantuvo su eficiencia biológica entre los días 2 y 4, periodo en el que los tratamientos de 15 y 10 mg/L perdieron su actividad de manera considerable. Este mismo tratamiento preservó la actividad fungistática por encima del 60 % durante toda la evaluación. El tratamiento de 10 mg/L mostró un incremento considerable en su actividad biológica al día 5, incluso un 10 % y un 12 % mayores que los tratamientos de 15 y 20 mg/L, respectivamente (Figura 5). En otras investigaciones (Villacís Aldaz., 2017). Evaluaron el extracto de lavanda frente a *C. acutatum* y reportaron una inhibición del 66,23 % al día 6, lo cual coincide con lo observado en esta investigación. La salvia contiene compuestos biológicamente activos que pueden clasificarse en monoterpenos, diterpenos, triterpenos y compuestos fenólicos (Martina Jakovljević, 2019). Los terpenos (mono, sequi, di, tri y poli) participan en la defensa de las plantas como toxinas que actúan disminuyendo la permeabilidad de la membrana celular del fruto contra el hongo, causando una drástica reducción en el número de mitocondrias y de las vesículas generadas en el complejo de Golgi, lo que perjudica la respiración y el tráfico vesicular (Mesa et al., 2019). Uno de los compuestos que se ha encontrado en las hojas de la Salvia es limoneno o D-Limoneno, este es un monoterpeno monocíclico con propiedades antimicrobianas, numerosos estudios informan sobre su actividad inhibidora y los mecanismos de acción del D-limoneno contra bacterias y hongos. Afecta al ergosterol, que es el responsable de mantener la función e integridad celular de las membranas celulares de los hongos, y al β -1,3-glucano, ambos son exclusivos de los hongos (Haoran, 2024).

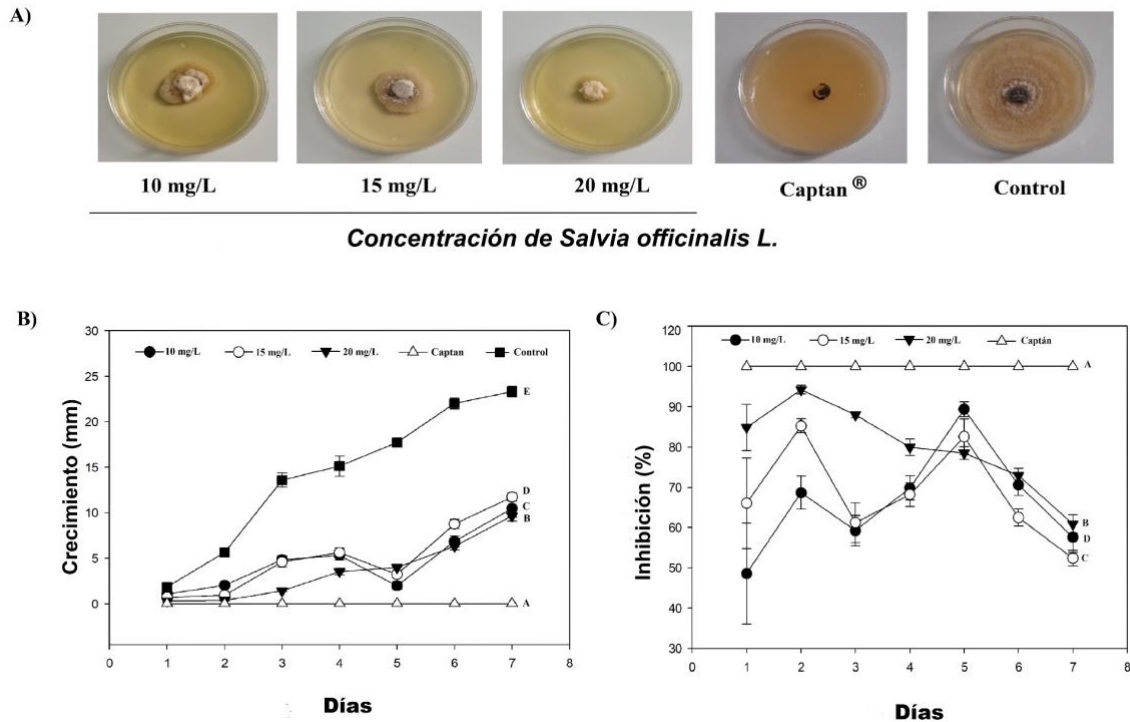


Figura 5. % de inhibición del extracto de *Salvia officinalis* L. frente a *Colletotrichum acutatum* en los distintos tratamientos, tras 7 días. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de Hotteling ($\alpha = 0,05$). n = 6 error estándar

9.2 Control curativo

9.2.1 Incidencia y Severidad

Los resultados de incidencia y severidad se muestran en la (Figura 6). En la incidencia, el tratamiento con *C. acutatum* presentó un 60 % de infectividad al día 1 posterior a la inoculación, mientras que los tratamientos *C. acutum*+Ext y Captan presentaron una incidencia del 40 % el mismo día; el tratamiento capta alcanzó el 100 % hasta el día 3, mientras que el tratamiento *C. acutum*+Ext alcanzó el 100 % hasta el día 7. Nuevamente, el tratamiento de Captan ayudó a contrarrestar la presencia de *C. acutatum* en los primeros tres días de evaluación, ya que se mantuvo en 100 % hasta el día 10, de igual manera, el tratamiento control y Sana+Ext permanecieron sanos a lo largo de la evaluación. En cuanto a los resultados de severidad nos indica que la severidad en el tratamiento *C. acutatum*

se incrementó desde el día 1 de evaluación hasta llegar a un 37 % para el día 3, en cambio a las fresas que recibieron la aplicación de extracto de salvia llega a un 30 % en el día 3 y a lo largo de la evaluación la severidad de la enfermedad se redujo un 2 % en este tratamiento comparado a *C. acutatum*, teniendo un comportamiento similar en el tratamiento captan. Al igual que en el control preventivo, los tratamientos control y Ext no mostraron signos de enfermedad causada por *C. acutatum*.

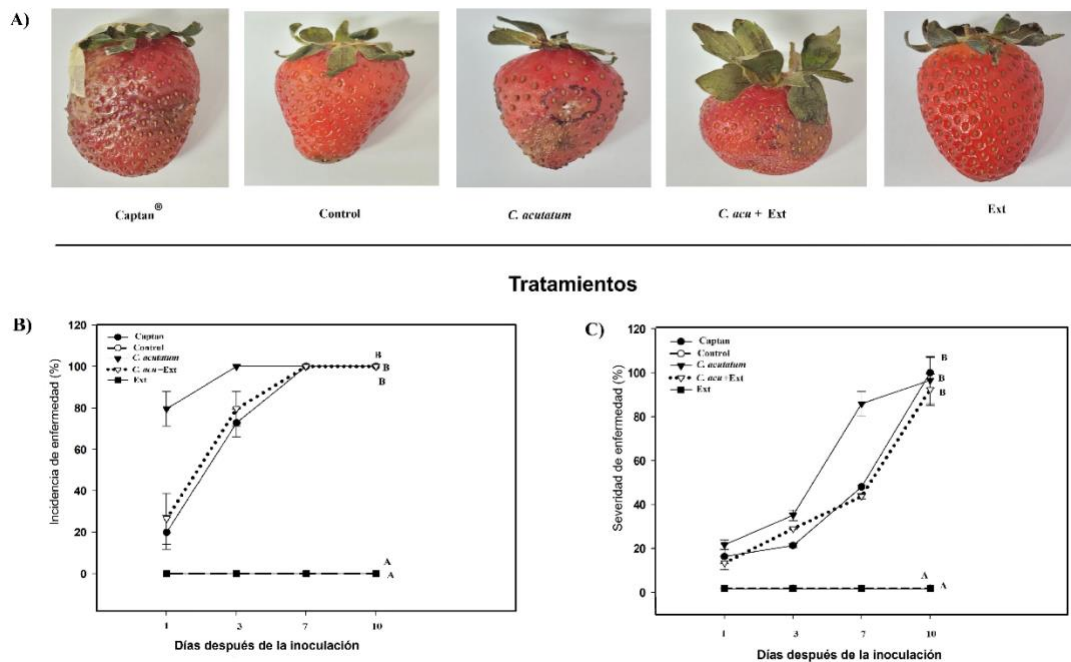


Figura 6. Control curativo en la antracnosis de la fresa en los diferentes tratamientos. A) % de incidencia. B) % de severidad de *Colletotrichum acutatum*. Captan: Fresas inoculadas con aplicaciones de captan; Control: Fresas sanas sin tratamiento adicional; *C. acutatum*: Fresas inoculadas con este hongo sin tratamiento adicional; *C. acu+Ext*: Fresas inoculadas con la aplicación de extracto de Salvia; Sana+Ext: Fresas sanas con la aplicación de extracto de Salvia. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según el test de Hotteling ($\alpha = 0,05$). n = 5 error

9.3 Variables postcosecha

9.3.1 Peso

En el día uno (Figura 7), con el tratamiento *C. acu+Ext* se incrementó el peso un 124% con respecto al control, mientras que con el tratamiento Ext 159%, en cuanto al tratamiento del Captan se obtuvo un 137% en cambio el tratamiento donde solo se encuentra la enfermedad *C. acutatum*, se obtuvo 103%. Al comparar los pesos obtenidos entre los tratamientos, el extracto sano supera al extracto enfermo con el 23%, y al tratamiento de Captan con un 14% pero con el tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* hay una diferencia del 35% del peso. En el día tres, el peso del fruto con el tratamiento *C. acu+Ext* aumentó un 109% con respecto al control, mientras que con el tratamiento Ext aumentó un 151%; con el tratamiento Captan, se incrementó un 133%; y con el tratamiento de la enfermedad *C. acutatum*, se obtuvo un 100%. Al comparar los pesos con los diferentes tratamientos, se observó que el Ext superó en un 12% al tratamiento de Captan y en un 28% al tratamiento de *C. acu+Ext*, mientras que con el tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* hay una diferencia del 33% en el peso. En el día siete, con el tratamiento *C. acu+Ext* se incrementó el peso en un 110% con relación al control, mientras que con el tratamiento Ext en un 146%; con el tratamiento Captan, en un 126%; en cambio, con el tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* se obtuvo un 96%. Al comparar los pesos con los tratamientos, se observó que el Ext superó en un 25% al tratamiento de *C. acu+Ext* y en un 14% al tratamiento de Captan, mientras que con el tratamiento de *C. acutatum* hay una diferencia del 34% en peso. En el día diez, con el tratamiento *C. acu+Ext* se incrementó el peso en un 110% con respecto al control, mientras que con el tratamiento Ext en un 138%; en tanto, el tratamiento de Captan se obtuvo en un 132%, en cambio, el tratamiento de *C. acutatum* se obtuvo en un 94%. Se comprobó los pesos de los tratamientos y se obtuvo que el Ext superó un 20% al *C. acu+Ext* y al tratamiento Captan con un 9.5%, aunque con el tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* hay una diferencia de peso del 32%.

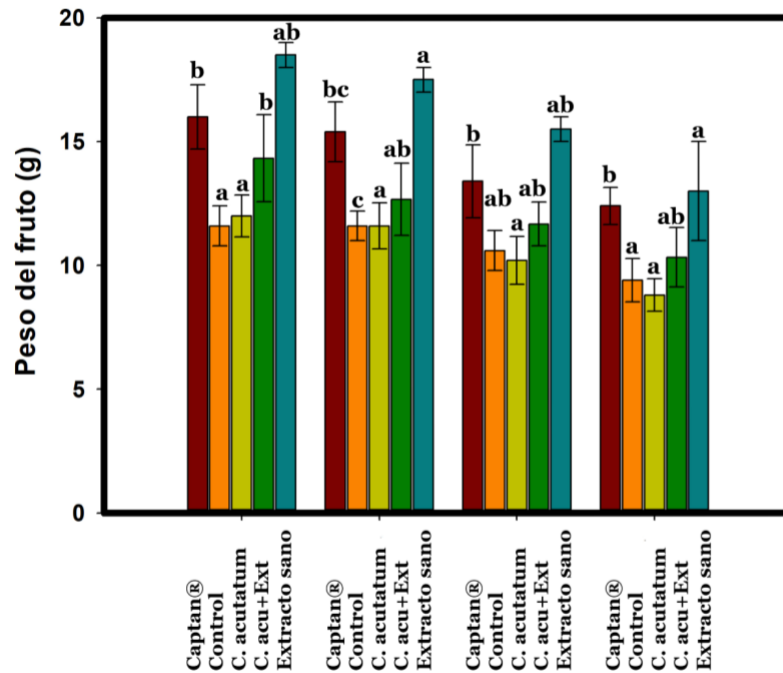


Figura 7. Peso del fruto de fresa según los distintos tratamientos. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). $n = 5$ error.

9.3.2 Diámetro Polar

En el día uno (Figura 8), con el tratamiento Ext, hubo un incremento del diámetro polar del 112% respecto al control, mientras que con el tratamiento Captan, del 106%. En cuanto al *C. acutatum*, hubo un ligero incremento: se obtuvo un 101%. En cuanto al tratamiento de *C. acu+Ext*, se mantuvo similar al del control. Se comprobaron los diámetros polares de los tratamientos y se observó que el Ext superó en un 11% al *C. acu+Ext* y a la enfermedad *C. acutatum*, mientras que en el Captan hubo una diferencia del 6%. En el día tres, todos los tratamientos tuvieron un incremento del diámetro polar con respecto al control, el que mayor incremento tuvo fue el Ext con 120%, seguido del Captan con 116%, el *C. acu+Ext* con 110% y, al final, se encuentra el tratamiento de enfermedad *C. acutatum*, se obtuvo 107%. Se observó que el Ext superó en un 3% al tratamiento de Captan y, en un 9%, al *C. acu+Ext*; en cuanto al tratamiento de la enfermedad por *C. acutatum*, hay una

diferencia del 11% en el diámetro polar. En el día siete, el tratamiento Captan incrementó el diámetro en un 110% con relación al control, mientras que con el tratamiento Ext fue del 106%; en cuanto a la enfermedad *C. acutatum*, hubo un 98%; en cambio, el tratamiento de *C. acu+Ext* se obtuvo un 96% menos que el control. Se comprobó el diámetro polar de los tratamientos y se obtuvo que el Captán superó al extracto sano en un 4% y el *C. acu+Ext* en un 11%, mientras que la enfermedad *C. acutatum* fue de 14%. En el día diez, todos los tratamientos tuvieron una disminución del diámetro polar con respecto al control, el más cercano el Ext con 99%, seguido del Captan con 97%, el *C. acu+Ext* con 96% y al final se encuentra la enfermedad *C. acutatum*, se obtuvo 94%. El Ext superó en un 2% al Captan, mientras que el *C. acu+Ext* fue del 3.2%; en cuanto al tratamiento de la enfermedad, *C. acutatum* presentó una diferencia del 6% en el diámetro polar.

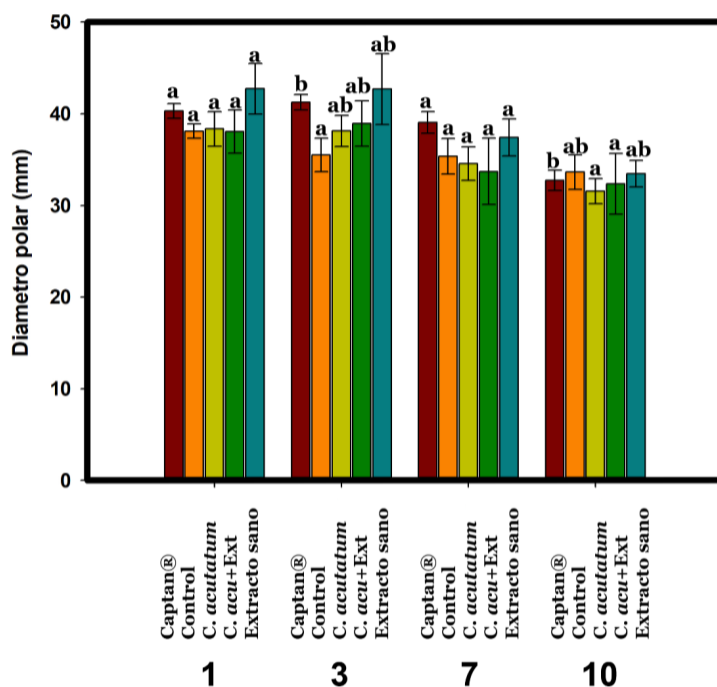


Figura 8. Diámetro polar de la fruta de fresa según los distintos tratamientos. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). $n = 5$ error.

9.3.3 Diámetro ecuatorial

En el día uno (Figura 9), con el tratamiento Captan se incrementó el peso un 112% con respecto al control, mientras que con el *C. acu*+Ext un 104%, el Ext un 103%, en cuanto al tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* se obtuvo similar al control con 100%. Se comprobaron los diámetros ecuatoriales de los tratamientos y se obtuvo que el Captan superó un 11% al *C. acutatum* y al *C. acu*+Ext hay una diferencia de 8%, mientras que el Ext hubo una diferencia del 8%. En el día tres, el tratamiento de Captan aumento 107%, mientras que los restantes disminuyeron, el Ext con 97%, el *C. acu*+Ext con el 96% y por último la enfermedad *C. acutatum*, se obtuvo 88%. El Captan superó un 9% al Ext, mientras que el *C. acu*+Ext fue del 10%, en cuanto al tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* hay una diferencia del 18% en el diámetro ecuatorial. El día siete, con el tratamiento Captan se incrementó el diámetro ecuatorial un 118% con respecto al control, mientras que con el Ext se mantuvo similar con el 100% al control, en cuanto al *C. acu*+Ext con un 98%, y en el enfermo *C. acutatum* un 94% una disminución a comparación del control. Se observó que el Captan superó un 16% al tratamiento Ext y al *C. acu*+Ext un 16%, en cuanto al tratamiento de la enfermedad *C. acutatum* hay una diferencia del 21% en el diámetro ecuatorial. En el día diez, el tratamiento de Captan tuvo un incremento del 108% con respecto al de los tratamientos y se obtuvo que el Captan superó un 10% al Ext, el *C. acu*+Ext con una diferencia de 16%, mientras la enfermedad *C. acutatum* fue de 25%.

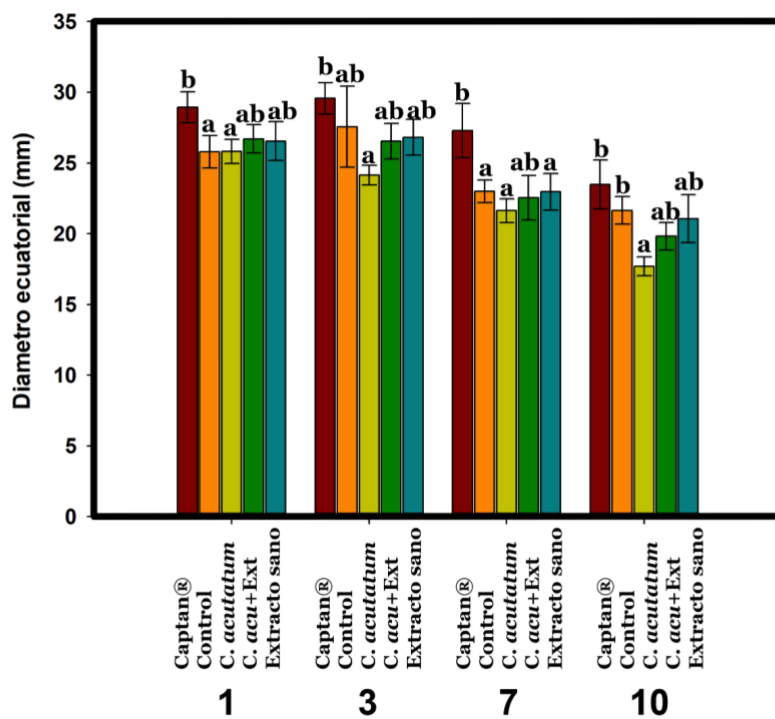


Figura 9. Diámetro ecuatorial de la fruta de fresa. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). $n = 5$ error

9.3.4 Firmeza

En el día uno (Figura 10), con el tratamiento *C. acu+Ext* se incrementó la firmeza en 152% con respecto al control, mientras que con la enfermedad *C. acutatum* en 132%, con el Ext en 114%, y con el Captan estuvo por debajo del control con 89%. Se comprobó la firmeza de los tratamientos y se obtuvo que el *C. acu+Ext* superó en un 14% al *C. acutatum*, el Ext. con una diferencia de 25%, mientras el Captan fue de 42%. En el día tres, con el tratamiento de *C. acu+Ext*, se incrementó la firmeza un 166% con respecto al control, mientras que el Captan un 148%, y con la enfermedad *C. acutatum*, 133%; en cuanto al Ext, estuvo por debajo del control con 88%. Se observó que el *C. acu+Ext* superó al Captan en un 11% y al *C. acutatum* en un 20%; en cuanto al Ext, se observó una diferencia del 47% en la firmeza. El día siete, con el tratamiento Ext se incrementó la firmeza un 294% con respecto al control, mientras que con *C. acu+Ext* un 105%, en cuanto al Captan un 90%, el enfermo *C. acutatum* un 87% una disminución a comparación del control. Se

comprobó la firmeza de los tratamientos y se obtuvo que el Ext superó un 64% al *C. acu+Ext* mientras con el Captan hay una diferencia de 69%, mientras la enfermedad *C. acutatum* fue de 70%. En el día diez, el tratamiento de Ext aumentó la firmeza un 222% con respecto al control mientras que los demás tratamientos como Captan, extracto enfermo y la enfermedad *Colletotrichum acutatum* obtuvieron un 89%, está por debajo del control. La firmeza del fruto con Ext superó un 60% al Captan, el *C. acu+Ext*, y al *C. acutatum*.

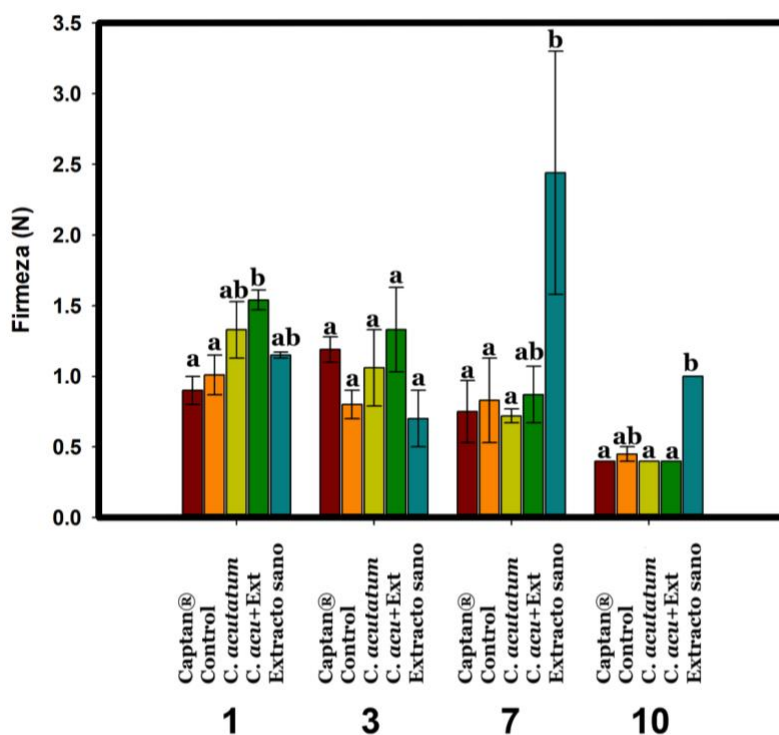


Figura 10. Firmeza del fruto de fresa. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). $n = 5$ error.

9.3.5 Brix

En el día uno (Figura 11), con el tratamiento Ext se incrementaron los grados Brix un 119% con respecto al control, mientras que con la enfermedad *C. acutatum* 118%, el Captan un 101%, en cuanto *C. acu+Ext* estuvo por debajo de control con 77%. Se comprobaron los grados brix de los tratamientos y se obtuvo que el Ext

superó un 1% al *C. acutatum*, mientras que al Captan un 13% y al *C. acu+Ext* tuvo un 35% de diferencia. En el día tres, todos los tratamientos tuvieron una disminución de grados brix con respecto al control, el más cercano fue el *C. acu+Ext* con 93%, seguido de la enfermedad *C. acutatum* con 84%, el Captan con 68% y al final se encuentra el Ext, se obtuvo 66%. Se observó que el *C. acu+Ext* superó un 10% al *C. acutatum* y también al Captan con un 27%, en cuanto al Ext hay una diferencia del 29% en los grados brix. El día siete, con el tratamiento enfermo *C. acutatum*, se incrementaron los grados Brix en 144% con respecto al control, mientras que el captan en 103%, en cuanto al Ext en 85%, y el *C. acu+Ext* en 74%, con una disminución en comparación con el control. Los grados Brix del fruto con el tratamiento *C. acutatum* superaron al Captan en 29%, al Ext en 41% y, por último, al *C. acu+Ext* en 49%. En el día diez, el tratamiento de Captan aumentó los grados Brix un 121% con respecto al control, mientras que los demás tratamientos, como *C. acu+Ext* con 92%, la enfermedad *C. acutatum* con 90% y Ext un 85%, están por debajo del control. Se comprobaron los grados brix de los tratamientos y se obtuvo que el Captan superó en un 24% al *C. acu+Ext* mientras que con *C. acutatum* hay una diferencia de 25%, mientras el Ext fue de 30%.

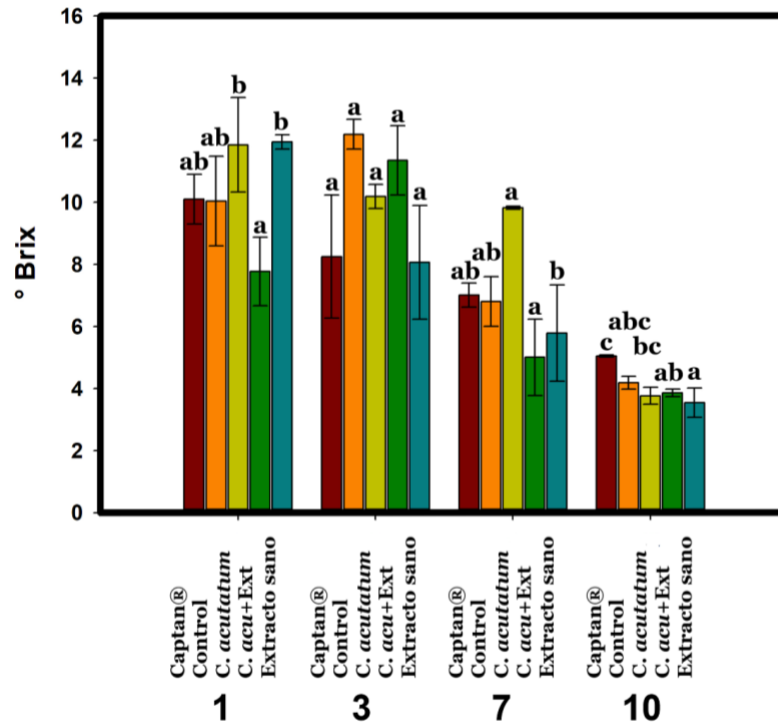


Figura 11. °Brix del fruto de fresa. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). $n = 5$ error

9.3.6 Color L*

En el día uno (Tabla 2), con el tratamiento Ext tuvo una diferencia menor del 11% con respecto al control, mientras que con el tratamiento C. acu+Ext fue de 13%, y con el Captan, en cuanto a C. acutatum, fue de 24%, todos por debajo del control. En el día tres, todos los tratamientos tuvieron una disminución de color con respecto al control, el de mayor diferencia fue el C. acutatum con 7%, seguido del C. acu+Ext con 5%, el Captan con 4.2% y al final se encuentra el Ext, se obtuvo 0.3% de diferencia. En el día siete, todos los tratamientos tuvieron una disminución de color con respecto al control, el de mayor diferencia fue el C. acu+Ext con 4%, el Captan con el 3%, mientras que C. acutatum y Ext tienen una diferencia del 1%. En el día diez, el tratamiento Ext tuvo un aumento de 3% con respecto al control, mientras que C. acu+Ext obtuvo un 0.6% de aumento. Los tratamientos como el Captan obtuvieron una disminución del 9% con respecto al control, en cuanto a C. acutatum fue de 7%.

9.3.7 Color a*

En el día uno (Tabla 2), todos los tratamientos tuvieron una disminución de color con respecto al control, el de mayor diferencia fue el *C. acutatum* con 31%, seguido del *C. acu+Ext* con 12%, el Captan con 10% y al final, se encuentra el Ext, se obtuvo 5% de diferencia. En el día tres, todos los tratamientos presentaron una disminución de color con respecto al control; el de mayor diferencia fue el *C. acutatum*, con 28%, seguido del Captan, con 18%; en cuanto a *C. acu+Ext*, con 9%, y, al final, se encuentra el Ext, con 7%. En el día siete, el tratamiento *C. acu+Ext* tuvo un aumento de 0.6% con respecto al control. Los tratamientos, como el *C. acutatum*, obtuvieron una disminución del 29% con respecto al control; el Captan, del 21%; y, por último, el Ext, del 14%. En el día diez, todos los tratamientos presentaron un aumento de color con respecto al control; el más alto fue *C. acu+Ext* con 21%, seguido de Captan con 17%, Ext con 21% y, por último, *C. acutatum* con 1% de aumento.

9.3.8 Color b*

En el día uno (Tabla 2), todos los tratamientos tuvieron una disminución de color con respecto al control, el de mayor diferencia fue el *C. acutatum* con 31%, seguido del Captan con 27%, el *C. acu+Ext* con 15% y, al final, se encuentra el Ext que obtuvo 13% de diferencia. En el día tres, el tratamiento *C. acu+Ext* presentó un aumento del 26% respecto al control, mientras que el Ext presentó un aumento del 6%. Los tratamientos como el Captan obtuvieron una disminución del 31% con respecto al control, en cuanto a *C. acutatum* fue del 22%. En el día siete, todos los tratamientos presentaron un aumento de color con respecto al control: el más alto fue Ext, con un 34%, seguido de *C. acutatum*, con 24%, el Captan, con 19%, y, por último, *C. acu+Ext*, con 1% de aumento. En el día diez, el tratamiento Captan presentó una disminución del 26% respecto al control, mientras que *C. acutatum* presentó una disminución del 25%. Los tratamientos con Ext obtuvieron un 50% y *C. acu+Ext*, un 44%, un aumento con respecto al control.

Tabla 3 Cambios de color en la fruta de fresa durante la postcosecha

Días/Tratamiento	Captan	Control	<i>C. acutatum</i>	<i>C. acu</i> +Ext	Ext
L*					
1	37.66 ± 1.19bcA	44.34±1.37aA	33.89±0.37cA	38.79±1.77bA	39.62±1.73bA
3	36.78±0.98aAB	38.42±1.52aB	35.71±35.71aA	36.59±1.77aAB	38.27±1.42aAB
7	33.91±1.07aBC	34.94±2.06aB	34.42±3.19aA	33.7±1.18aB	34.56±0.57aB
10	32.46±0.94bC	35.54±2.05abB	33.08±1.07abA	35.76±0.9abB	36.72±1.55aB
a*					
1	27.65±1.13aA	30.66±1.21aA	21.24±1.82bA	26.97±1.67aA	29.18±1.72aA
3	23.72±1.34bcAB	28.89±1.10aAB	20.83±1.34cA	26.22±0.84abB	26.91±1.48abAB
7	20.38±1.49abBC	25.74±0.76aB	18.40±3.04bA	25.58±2.09aB	22.09±1.90abBC
10	19.70±1.22aC	16.81±1.44aC	16.97±1.31aA	20.33±1.77aB	19.40±2.20aC
b*					
1	18.78±1.42bA	25.69±2.02aA	17.64±1.03bA	21.93±0.92abA	22.23±2.12abA
3	12.80±0.46cB	18.43±1.27bB	14.34±0.80cAB	23.31±1.00aA	19.57±2.22bA
7	13.08±0.97bB	16.19±1.07bB	12.36±1.14bB	15.06±1.57bB	21.62±2.22aA
10	11.33±0.70cB	15.27±1.50bB	11.45±0.65cB	21.92±0.77aB	22.98±1.21aA

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0,05$) entre tratamientos en el mismo día de análisis. Letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0,05$) entre los tratamientos en diferentes días de análisis, según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$); n = 5; errores estándar. L = luminosidad, a* = de verde a rojo, b* = de azul a amarillo.

10. Discusiones

En el presente estudio se ha demostrado la actividad antifúngica del extracto de *Salvia officinalis* L. contra *Colletotrichum acutatum* en el cultivo de fresa. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis de inhibición del hongo y el incremento de la vida útil de la fruta. Estos efectos antifúngicos se atribuyen a la presencia de compuestos bioactivos, incluyendo 1,8-cineol, alcanfor y tujona, que alteran las membranas celulares fúngicas e inhiben el crecimiento, contienen compuestos bioactivos como el ácido rosmarínico y el ácido carnósico, que no solo presentan fuertes propiedades antioxidantes, sino que también aumentan la resistencia de las plantas a enfermedades (Gaber et al., 2025) El extracto de *Salvia officinalis* L. mantuvo una inhibición alta del crecimiento micelial durante los primeros cinco días del estudio. No obstante, su eficacia disminuye progresivamente hasta el día siete. La secuencia de inhibición mostró una disminución en algunos días, seguida de un notable aumento de la inhibición y, finalmente, de una disminución al final del experimento.

Esta reducción de la eficacia antifúngica podría estar relacionada con un retraso en la difusión o la solubilización de compuestos no polares presentes en el extracto, que requieren tiempo para llegar a la colonia fúngica y ejercer su acción inhibidora. Además, los hongos fitopatógenos producen enzimas extracelulares y exopolisacáridos que pueden interactuar con metabolitos lipofílicos, reduciendo temporalmente su biodisponibilidad y limitando el crecimiento micelial inicial. (Hernández Soto et al., 2025).

Respecto al parámetro de peso del fruto los resultados reflejan una mayor conservación del peso del fruto. Esto se logra, ya que Nabigol (2014). Durante el estrés postcosecha, se generan especies reactivas de oxígeno (ROS), y los potentes antioxidantes de la *Salvia officinalis* L. (carnosol, ácido rosmarínico, ácido carnósico, ácido cafeico) "donan electrones" para neutralizarlas.

Acerca del diámetro polar, en el día 1 el tratamiento Ext fue mayor ya que el extracto de salvia tiene propiedades antioxidantes que comienzan a actuar; en cambio, en C.Acu+Ext el deterioro del hongo comienza antes que en el extracto. (Feliziani & Romanazzi, 2016). En el día 3 el Ext siguió siendo superior, se atribuye a que el extracto tiene acción multifacética y sinérgica por otro lado el Captan actúa como fungicida de contacto (Melgarejo, 2015). El Ext tiene efecto de conservación de la fruta y por su presente actividad fúngica, sus compuestos reducen la tasa de transpiración y la reducción del diámetro (Vargas & Chiralt, 2021). El día 7 el Captan fue superior, el Ext es susceptible a la degradación por volatilidad y metabolismo enzimático en la superficie del fruto, y se refleja la estabilidad química de los sintéticos (Fantke & Juraske, 2013). Para el día 10, el Ext fue superior ya que pudo potencializar esta resiliencia, ya que existe evidencia de que algunos compuestos fenólicos actúan como elicitores y desencadenan respuestas de defensa en el tejido de la fruta, como la síntesis de fitoalexinas y el fortalecimiento de las paredes celulares. (Romanazzi et al., 2016). En cuestión del diámetro ecuatorial los días 1, 3, 7 y 10 el tratamiento del Captan fue superior al Ext esto refleja una respuesta distinta de los tejidos del fruto debido a que el Captan brinda una protección constante contra la degradación enzimática de la pared celular, manteniendo la estructura de los tejidos y reteniendo el agua (turgencia) y se refleja con el diámetro ecuatorial (Salas & Montero, 2019).

El tejido de la fresa se contrae más fácilmente en su diámetro ecuatorial, es más sensible a la pérdida de turgencia, el extracto de *Salvia officinalis* L. Protege la longitud, los haces vasculares y la estructura del receptáculo, por su actividad antioxidante, esto permite mantener mejor el diámetro polar, preserva la estructura (Lara & Belge, 2014). Mientras que el Captan preserva mejor la turgencia esto se manifiesta en mantener mejor el diámetro ecuatorial.

En el parámetro de firmeza del día 1 el tratamiento *C.acu*+Ext fue superior estos se deben a que el extracto aplicado a la fruta enferma anuló la expansión del hongo, ejerciendo un efecto protector sobre el tejido sano (Romanazzi et al., 2016). En el tercer día *C.acu*+Ext fue mayor a los demás tratamientos ya que el extracto demostró ser más efectivo que el fungicida, la sinergia de mecanismos en los tejidos infectados, resultó en una mejor firmeza (Bianchi et al., 2018). En el séptimo día, el Ext fue superior, sucedió un cambio radical, ya que a lo largo de los días el Ext actuó de manera óptima. El daño causado por la enfermedad en el tratamiento *C. acu*+Ext es notable e irreversible y se refleja en los resultados (Liu & Wang, 2020). Para el décimo día, el tratamiento Ext fue mayor posicionando al extracto como un potente biopreservante. El Ext puede formar una película semipermeable que disminuye la transpiración y la tasa respiratoria (Sánchez González & Pastor, 2011). Al mismo tiempo, su actividad antioxidante protege los lípidos de la membrana.

Con respecto a los °Brix del fruto, durante el día 1, el tratamiento Ext fue mayor esto se debe a que mantiene una tasa de respiración menor debido a la barrera que el extracto genera. Eso disminuye el consumo de azúcares (Lin & Zhao, 2007). Durante el día 3 *C.acu*+Ext fue mayor esto sucede a que la aplicación del extracto de *Salvia officinalis* L sobre la fruta infectada estaría actuando como un elicitor de estrés, la enfermedad induce una hidrólisis en los tejidos de la fruta, aumentando temporalmente los azúcares solubles (Hodges, 2008). En el día 7, el tratamiento de *C.acutatum* fue mayor que los demás tratamientos, pero esto no se debe a una mayor calidad en los °Brix, sino a la degradación del fruto, liberando azúcares simples, y a que se encuentra en una fase necrótica (Benedetti & Pontiggia, 2017). En el día 10 el Captan superó al tratamiento al *C.Acu*+Ext, la respiración y los tejidos ya dañados siguen presentes, consumiendo los azúcares restantes como glucosa, fructosa etc. y una disminución de polímeros durante la infección (Zhang & Wang, 2011). Esto se traduce en una disminución de °Brix, mientras que Captan degrada los azúcares más lentamente.

El parámetro de color (L^*) del fruto en el primer día: el control fue el que presentó mayor luminosidad frente a los otros tratamientos; el más próximo fue el Ext, seguido del *C.acu*+Ext. Esta reducción de la luminosidad se debe a que los tratamientos ya cuentan con un recubrimiento, ya sea de extracto o de micelio del hongo, lo que disminuye la reflectancia especular (Sánchez González & Pastor, 2011). En el día 3 y 7 el control siguió siendo superior a los demás tratamientos por la película protectora reduce el brillo, el más cercano al control fue el Ext que por el extracto bajo el brillo, pero preservó mejor la turgencia y la lisura, mientras que los demás tratamientos lo ocasionaron el hongo *Colletotrichum acutatum* (Lara & Belge, 2014). Para el día 10 el control se deshidrató, reduciendo enormemente la luminosidad, el tratamiento Ext y *C. acu*+Ext preservaron la turgencia, ya que el extracto reduce la transpiración (Vargas & Chiralt, 2021).

Con respecto al color (a^*) del fruto, en el primer y el tercer día, todos los tratamientos fueron superados por el control. Esta respuesta es esperable, ya que los frutos fueron sometidos a los tratamientos. El más cercano fue Ext; esto indica que el extracto provocó un retraso temporal en la acumulación de antocianinas durante el primer día (Virgen Ortiz et al., 2020). Para el séptimo día el *C. acu*+Ext fue mayor al control mientras que el Ext fue menor a estos 2, el extracto en el fruto enfermo manifiesta un potencial elicitor de defensas que lo activo, generando más pigmento rojo (antocianinas), es un indicador bioquímico de la activación de defensa exitosa, generando una Activación de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) y síntesis de antocianinas, la enzima (PAL) es el punto de control crítico su estímulo se genera por elicitores (Langer et al., 2024). El Ext no alcanzó un color más intenso que el de los demás, ya que el *C. acu*+Ext contaba con el estímulo de la infección. En el décimo día, todos los tratamientos fueron mayores que el control, ya que este se agotó su capacidad metabólica; el *C. acu*+Ext fue el de mayor color, ya que mantiene una gran cantidad de antocianinas debido a la activación de los mecanismos de defensa (Aljawasim, 2023). Generado conjuntamente por la enfermedad y el extracto.

En cuanto al color (b^*) en el primer día todos los tratamientos fueron menores al control el más cercano fue el Ext y *C. acu*+Ext el recubrimiento que se aplicó a los tratamientos generó una modificación óptica (Sanchez Gonzalez & Pastor, 2011) como se ha visto en los parámetros de color L^* , a^* y también b^* . En el día 3 el Ext y *C. acu*+Ext fueron mayores al control, el extracto de *Salvia officinalis* L. actuó como elicitador activando los fenilpropanoides (Virgen Ortiz et al., 2020) mientras que el tratamiento de Captan fue menor al control, el fungicida no induce defensa solo tiene acción en el patógeno (Melgarejo, 2015). En el séptimo día el Ext fue mayor al control en la cual la actividad metabólica generada por el extracto terminó la síntesis de antocianinas, los intermediarios amarillos se terminan y se convierten en antocianinas, mientras que *C. acu*+Ext fue menor al control ya que no hubo suficiente actividad metabólica por la infección generando pigmentos amarillentos (Ramaswamy, 2005). En el décimo día el Ext y *C. acu*+Ext fueron mayores al control, esta diferencia es porque el control sufrió deshidratación y arrugados, mientras que los 2 tratamientos por el extracto preservan mejor su estructura por sus propiedades antioxidantes, no indica un mayor amarillamiento si no una preservación a la integridad del fruto (Virgen Ortiz et al., 2020). En el caso del Captan, fue mucho menor que el control, ya que controla el patógeno, pero no confiere protección contra la deshidratación ni el estrés oxidativo (Lara et al., 2014).

Los resultados concuerdan con estudios como el de El Ouadi et al. (2015), quienes reportaron la inhibición del crecimiento micelial de *Botrytis cinerea*, la cual se realizó en un periodo de incubación de 11 días y se obtuvo una disminución con las concentraciones de *Salvia officinalis* L.; el porcentaje de inhibición aumenta moderadamente con la concentración, alcanzando valores máximos del 64,4% y del 38,42% a 2 $\mu\text{L/mL}$.

Rasiukevic & Šernaite (2021) evaluaron de manera concreta la inhibición de *Colletotrichum acutatum* por *Salvia officinalis* L. Se midió el diámetro (mm) del crecimiento de la colonia después de 2, 4 y 7 días después de la inoculación con dos dosis una a 1000 µL la cual alcanzó un 62.54% de efecto contra el hongo y 1800 µL la cual logró un efecto de 88,14% de inhibición del patógeno, alcanzando mejores resultados.

11. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman la actividad fúngica del extracto de *Salvia officinalis* L. contra el fitopatógeno *Colletotrichum acutatum*, donde se comprobó que la dosis más estable y que generó mejor inhibición fue a 20 mg/L, a pesar de que entre los días 4 y 7 la dosis de 10 mg/L tuvo una inhibición mayor, no fue constante. El extracto tiene excelentes propiedades que ayudan a conservar mucho mejor al fruto, destacando sus compuestos fenólicos y sus propiedades antioxidantes que actúan como elicitores que generan una respuesta de defensa en el tejido de la fruta, también retienen mejor el agua y la respiración por eso destaca su conservación del peso, la firmeza y el diámetro polar sin embargo el diámetro ecuatorial lo conserva mejor el Captan debido a que tiene mayor grado de turgencia. Con respecto a la conservación de los grados °Brix los primeros días actuó de buena forma el extracto ya que genera una baja respiración por lo cual se conserva mejor los azúcares, para los últimos días aumentó los azúcares solubles de los tratamientos que estaban infectados esto se refleja por la degradación del fruto. En cuanto a la luminosidad (L) del fruto, el extracto de *Salvia officinalis* L. conservó mejor este parámetro debido a sus propiedades de baja respiración. Asimismo, preservó la pigmentación roja (antocianinas) debido a su potencial elicitador de defensas, de igual manera, evitó el amarillamiento al neutralizar el estrés oxidativo.

El extracto de *Salvia officinalis* L. Es una gran alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente para proteger los cultivos de fresa frente a *Colletotrichum acutatum*, sin olvidar la notable preservación de las características del fruto, importantes para el consumidor que busca alimentos más seguros y de calidad.

12. Referencias

- Aboulthana, W., & El-Feky, A. (2016). Phytochemical and Biochemical Studies of Sage (*Salvia officinalis* L.). *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 4.
- Aljawasim, B. (2023). New insights in the detection and management of anthracnose diseases in strawberries. *Plants science*, 12-13.
- Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Departamento de Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal). Facultad de Biología. Universidad Complutense. Madrid*, 1.
- Baños Guevara, P. E., Zavaleta Mejía, E., Colinas León, M. T., & Luna Romero. (2004). Control Biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) en Papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y Fisiología Postcosecha de Frutos Infectados. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 5-8.
- Benedetti, M., & Pontiggia, D. (2017). Polygalacturonases, polygalacturonase-inhibiting proteins and pectic oligomers in plant–pathogen interactions. *Biochimica et Biophysica Acta*, 16-26.
- Bennett, R., & Wallsgrave, R. (2001). Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytologist Foundation*, 617.
- Bianchi, A., Zamboni, A., & Vrhovsek, U. (2018). Inhibition of cell wall-degrading enzymes by extracts from Lamiaceae plants: A mechanism for the preservation of fruit texture. *Postharvest Biology and Technology*, 45-47.
- Bolivar, K., Sanabria, M. E., & Rodríguez, D. (2009). Potencial efecto fungicida de extractos vegetales sobre el desarrollo in vitro del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. y de la antracnosis en frutos de mango. *Dialnet*, 175-181.
- Cenobio Galindo, A., Hernández Fuentes, A. D., González Lemus, U., Zaldívar Ortega, A. K., González Montiel, L., Madariaga Navarrete, A., & Hernández Soto, I.

(2024). Biofungicides Based on Plant Extracts: On the Road to Organic Farming. *International journal of molecular sciences*, 5-7.

Cenobio Galindo, A., Ocampo López, J., Reyes Munguía, A., & Carrillo Inungaray, M. L. (2019). Influence of Bioactive Compounds Incorporated in a Nanoemulsion as Coating on Avocado Fruits (*Persea americana*) during Postharvest Storage: Antioxidant Activity, Physicochemical Changes and Structural Evaluation. *Antioxidants*.

CESAPEG. (2023). MANUAL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN FRESA. 2.

Couttolenc Soto, J. L. (2024). Cultivos alimentarios en el mundo. *Universo*, 2.

de Aguiar, A. C., de Oliveira, J. P., Gaeta, M. L., Sakai, D. M., Barbosa, B. L. M., da Silva, S. D. P., & Roberto, S. R. (2024). Essential oil from orange peel in the control of *Botrytis cinerea* and in the postharvest conservation of Benitaka table grape. *Semina: Ciências Agrárias*, 45(4), 1109-1130.

Delgado Gutiérrez Miguel José, H. G. (2017). Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras. *Revista politécnica*, 75-85.

Duletiç-Lauseviç, S., & Alimpiç, A. (2016). *Salvia officinalis* of different origins Antioxidant activity, phenolic and flavonoid content of extracts. *Agro FOOD Industry Hi Tech*, 27, 52.

El Ouadi, Y., Manssouri, M., & Bouyanzer, A. (2015). Essential oil composition and antifungal activity of *Salvia officinalis* originating from North-East Morocco, against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Scholars Research Library*, 95-102.

Espinoza Altamirano, D. (2010). Sensibilidad de cepas de *Colletotrichum acutatum* Simmonds a fungicidas bencimidazoles y estrobirulinas, aisladas del cultivo de fresa en Michoacán, Méx. *Maestría en Ciencias en Protección Vegetal*, 8.

Fantke, P., & Juraske, R. (2013). Variability of pesticide dissipation half-lives in plants. *Environmental Science & Technology*, 47.

Feliziani, E., & Romanazzi, G. (2016). Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. *Journal of Berry Research*, 47-63.

Fenta, L., & Mekonnen, H. (2024). Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of phytopathogens: Current perspectives and research directions. *Scientifica*, 2024(1), 5322696.

Fernández. (2022). EL GÉNERO *Colletotrichum*: AVANCES Y PERSPECTIVAS PARA CULTIVOS INTENSIVOS EN ARGENTINA. *Asociación Argentina de Fitopatólogos*, 4.

Fernie, A. (2024). Evolution of plant metabolism: the state of the art. *The royal society publishing*, 379.

Gaber, M., El-Messeiry, S., El-Tanbouly, R., & Assem Elkashef, A. (2025). Eco-friendly management of *Fusarium* wilt in tomato using *Salvia officinalis* methanolic extract: in vitro, in vivo, and molecular docking approaches. *Journal of Plant Pathology*, 3-4.

Ghaza, T., Misirli, D., & Elmastas, M. (2025). Effects of Geographical Origin and Extraction Methods on the Phenolic Content of *Salvia officinalis*. *pharmedicinejournal*, 69-70.

González Lemus, U., Tapia Zayago, F., & Pérez Ríos, S. (2025). Lentil Biorooting Agents: An Ecological Alternative to Improve the Growth and Development of Italian Zucchini in Sustainable Production Systems. *Horticulturae*, 3.

Guerrero Ramírez, E. (2017). Calidad y vida postcosecha del fruto de variedades mexicanas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). *Postgrado en recursos genéticos y productividad fisiología vegetal*, 8.

Guédez, C., Cañizalez, L., Castellano, G., & Olivar, R. (2009). Evaluación in vitro de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de hongos patógenos en postcosecha de fresa. *Agronomía Tropical*, 59(3), 263-269

Haoran, X., Wenlong, M., & Siyu, Z. (2024). Digital technology development and systemic financial risks: Evidence from 22 countries. *Borsa Istanbul Review*, 24, 1-9.

Héctor Calvo, H., Mendiara, I., & Venturini, M. E. (2020). Antifungal activity of the volatile organic compounds produced by *Bacillus velezensis* strains against postharvest fungal pathogens. *Elsevier*, 2.

Hernández Soto, I., Juárez Maldonado, A., Madariaga Navarrete, A., Cenobio Galindo, A., & Hernández Fuentes, A. D. (2025). Extractos de *Argemone mexicana* L. contienen compuestos antifúngicos para el control in vitro de *Monilinia fructicola*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*: evidencia preliminar para su aplicación en campo. *BioTech*, 2-4.

Hernández- Soto, I.; Prieto-Méndez, J.; Aquino Torres, E.; Madariaga Navarrete, A.; Reyes Santamaría, M.I.; Pacheco Trejo, J. (2018). Evaluation of the effect of the methanolic extract of *Argemone ochroleuca* for environmentally friendly control of *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. *Cienc. Tec. Vitivinic.*, 33, 65–74.

Hodges, D. (2008). Soluble sugar and starch accumulation in fresh-cut fruits and vegetables in response to wounding stress. *Postharvest Biology and Technology*, 19-26.

INIFAP. (30 de junio de 2022). MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS. *Estrategia de Acompañamiento Técnico*, 8.

IFAPA. (2021, 25 de noviembre). El IFAPA identifica un hongo beneficioso para el control biológico de enfermedades de suelo en fresas. Junta de Andalucía.

Jiménez Díaz, R. M. (2018). *LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS: IMPACTOS, AMENAZAS Y CONTROL*. Boletín de la Real academia de Córdoba.

Langer, S., Hirsch, M., & Burges, P. (2024). Biochemical and molecular traits underlying the quality preservation and defence enhancement by heat treatment in harvest-ripe strawberries. *Scientia Horticulturae*, 15-16.

Lara, I., & Belge, B. (2014). A focus on the structure and composition of the strawberry fruit: From cell walls to consumer perception. *Scientia Horticulturae*, 188-189.

Lara, I., Belge, B., & Goulao, L. (2014). A focus on the structure and composition of the strawberry fruit: From cell walls to consumer perception. *Scientia Horticulturae*, 88-90.

León Torres, M. A. (2020). PRODUCCIÓN Y VALORACIÓN DE UN BIOFUNGICIDA PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES FITOPATÓGENAS.

RECURSOS NATURALES RENOVABLES CON MENCIÓN EN REMEDIACION Y RESTAURACION, 10.

Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Edible coatings and films to improve food quality and shelf life. *Journal of Food Science*, 72.

Lira Ortiz, R., & Ruiz Rivas, M. (2023). Producción de plantas de fresa con calidad genética, fisiológica y fitosanitaria. *Folleto Técnico Núm. 37. SADER-INIFAP-CIRPAC.*, 5-8.

Liu, Y., & Wang, L. (2020). Mechanisms of Antifungal Activity of Carnosic Acid and Carnosol on *Aspergillus flavus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68-69.

Lustre Sánchez, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria*, 2.

Martina Jakovljević, S. J. (2019). Bioactive Profile of Various *Salvia officinalis* L. Preparations. *Plants*, 2-4.

Martínez Cadavid, M. M. (2021). *Salvia Officinalis* L. *Farmacología Vegetal*, 5.

Melgarejo, P. (2015). Fungicidas: mecanismos de acción y resistencia en hongos fitopatógenos. *Phytoma*, 46-47.

Mendieta Muñoz, L. A. (2011). Distribución espacial de nutrientes en la solución del suelo para la producción intensiva de fresa. 8.

Mesa, M., Marín P., Omer C. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 23-30.

Moo-Koh Amalia, R. R. (2014). Actividad in vitro del extracto acuoso del *Bonellia flammaea* contra hongos fitopatógenos. *Scielo*, 6-7.

Mykhailenko, S., Dzham, M., Shevchuk, O., & Afanasieva, O. (2022). Monitoring of Leaf and Berry Diseases of Strawberry. *Biology and Life Sciences Forum*, 5-8.

Nabigol, A. (2014). EFFECT OF SALVIA OFFICINALIS ESSENTIAL OIL ON POSTHARVEST DECAY AND QUALITY FACTORS OF STRAWBERRY. *VII International Strawberry Symposium* (933-938).

Parvez, S., & Wani, I. A. (2018). Postharvest Biology and Technology of Strawberry. *Springer International Publishing AG, part of Springer Nature*, 332-334.

Ramaswamy, H. (2005). Evaluation of factors influencing barrier, mechanical and optical properties of pectin-based films using response surface methodology. *Journal of Food Process*, 28-29.

Rasiukevic, N., & Šernaite, L. (2021). The Use of Essential Oils from Thyme, Sage and Peppermint against *Colletotrichum acutatum*. *Plants*, 10-11.

Romanazzi, G., Sanzani, S., & Tian, S. (2016). Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 82-94.

SAGARPA. (2017). Fresa Mexicana. *Planeacion Agricola Nacional 2017-2030*, 2-4.

Salas, M., & Montero, C. (2019). Impact of synthetic and alternative fungicides on the cell wall integrity and postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 26-25.

Sanchez Gonzalez, L., & Pastor. (2011). Effect of hydroxypropyl methylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 57-58.

Sunico, V., Higuera, J., Amil-Ruiz, F., & Arjona Girona, I. (2024). FaNPR3 Members of the NPR1-like Gene Family Negatively Modulate Strawberry Fruit Resistance against *Colletotrichum acutatum*. *Plants*, 16.

Tituaña Pulluquitin, G. I., Córdova Guambo, I. V., & Lascano Sumbana, A. V. (2018). ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE EXTRACTOS DE PLANTAS MEDICINALES. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 4.

Vargas, M., & Chiralt, C. (2021). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *ritical Reviews in Food Science and Nutrition*.

Vargas, M., Pastor, C., & Chiralt, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 10-12.

Villacís Aldaz, L. A., León Gordon, O., & Santana Mayorga, R. (2017). Actividad antifúngica (in vitro) de extractos vegetales para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*). *Scielo*, 3-5.

Virgen Ortiz, J., Morales ventura, J., & Colin Chavez, C. (2020). Postharvest application of pectic-oligosaccharides on quality attributes, activities of defense-related enzymes, and anthocyanin accumulation in strawberry. *Pubmed*, 5-7.

Zahed Fathizadeh, M. A.-B. (2021). Nondestructive methods for determining the firmness of apple fruit flesh. *Science Direct*, 515-527.

Zaldívar Ortega, A. K., Flores Chávez, B., Hernández Fuentes, A. D., González Lemus, U., Hernández Pérez, A., & Hernández Soto, I. (2025). Tomato Residues as Biostimulant in Radish: An Ecological Strategy for Sustainable Agriculture. *Revista De Gestão Social E Ambiental - RGSA*, 2-5.

Zhang, J., & Wang, X. (2011). Metabolic profiling of strawberry fruit infected by *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology*, 12-13.