

Alternativas de control de la marchitez del chile manzano (*capsicum pubescens*) asociada con *fusarium oxysporum*

Alternative controls for wilt of manzano chili pepper (*capsicum
pubescens*) associated with *fusarium oxysporum*

Guadalupe Mora Baez

guadalupe.mora@tlatlauquitepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6147-0327>

Tecnológico Nacional de México: Instituto
Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec,
División de Ingeniería en Innovación Agrícola
Sustentable

Tlatlauquitepec – México

Luis Manuel Carrillo López

luismanuel@colpos.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4936-5492>

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación-Botánica, Colegio
de Postgraduados Campus Montecillo
Texcoco – México

Lucia Torres Rueda

lucia.torres@tlatlauquitepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5292-6652>

Tecnológico Nacional de México: Instituto
Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec,
División de Ingeniería en Innovación Agrícola
Sustentable

Tlatlauquitepec – México

Manuel Castro Varela

Manuel_lcv@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-3346-1918>

Tecnológico Nacional de México: Instituto
Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec,
División de Ingeniería en Acuicultura

Tlatlauquitepec – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5261>


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos


LATAM

Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades

Artículo recibido: 26 de septiembre de 2025
Aceptado para publicación: 31 de enero de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5261>

Alternativas de control de la marchitez del chile manzano (*capsicum pubescens*) asociada con *fusarium oxysporum*

Alternative controls for wilt of manzano chili pepper (*capsicum pubescens*)
associated with *fusarium oxysporum*

Guadalupe Mora Baez¹

guadalupe.mora@tlatlauquitepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6147-0327>

Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, División de Ingeniería en
Innovación Agrícola Sustentable
Tlatlauquitepec – México

Lucia Torres Rueda

lucia.torres@tlatlauquitepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5292-6652>

Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, División de Ingeniería en
Innovación Agrícola Sustentable
Tlatlauquitepec – México

Manuel Castro Varela

Manuel_1cv@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-3346-1918>

Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, División de Ingeniería en
Acuicultura
Tlatlauquitepec – México

Luis Manuel Carrillo López

luismanuel@colpos.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4936-5492>

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación-Botánica, Colegio de Postgraduados Campus
Montecillo
Texcoco – México

Artículo recibido: 26 de septiembre de 2025. Aceptado para publicación: 31 de enero de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

En México se cultivan diversos tipos de chiles del género *Capsicum*, dentro de los cuales destaca *Capsicum pubescens*, conocido como chile manzano. A nivel nacional el estado de Puebla ocupa el segundo lugar como productor de esta especie, con un rendimiento de 9 a 14 ton*ha⁻¹; a nivel estatal destaca la producción de Tlatlauquitepec, Tételes de Ávila Castillo y Zacapoaxtla, municipios en los que la el chile manzano se considera un alimento básico en la comida tradicional. Desafortunadamente la producción se ve amenazada por la presencia del fitopatógeno *Fusarium oxysporum*, que provoca pérdidas de hasta el 100%. Ante esta situación, los productores utilizan plaguicidas de forma continua e indiscriminada, en su mayoría de alta toxicidad y con precios elevados. Además, la incorrecta aplicación de los pesticidas puede ocasionar resistencia, daño a la salud de los productores y consumidores, así como contaminación del agua, aire y suelo. Bajo este panorama, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* y extractos vegetales de laurel (*Litsea glaucescens*),

¹ Autora de correspondencia.

orégano (*Origanum vulgare*) y ruda (*Ruta graveolens*) para el control de *Fusarium oxysporum* bajo condiciones in vitro. Se utilizó la metodología de medio envenenado para la evaluación de los extractos, mientras que para evaluar el antagonismo de *Trichoderma* se utilizó la técnica de cultivos duales. Se determinó que el extracto vegetal de laurel presentó un 89.73 % de inhibición del crecimiento micelar, y que el hongo *Trichoderma viride* obtuvo un 87.42 % de inhibición, evidenciando un antagonismo de clase 2. Así, la aplicación del extracto vegetal de Laurel y el uso de *Trichoderma* representan una estrategia óptima para el control de *Fusarium oxysporum*.

Palabras clave: fusarium oxysporum, control, extractos vegetales, trichoderma

Abstract

In Mexico, various types of chili peppers from the genus *Capsicum* are cultivated, among which *Capsicum pubescens*, known as chile manzano, stands out. Nationally, the state of Puebla ranks second in production of this species, with a yield of 9 to 14 tons per hectare. This contribution comes from the municipalities of Tlatlauquitepec, Tételes de Ávila Castillo, and Zacapoaxtla, where it is considered a staple food in traditional cuisine. However, production is threatened by the presence of the phytopathogen *Fusarium oxysporum*, which causes losses of up to 100%. Faced with this situation, producers use pesticides continuously and indiscriminately, most of which are highly toxic and expensive. Furthermore, improper application can lead to resistance, harm to the health of producers and consumers, and contamination of water, air, and soil. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of applying *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, and plant extracts of bay laurel (*Litsea glaucescens*), oregano (*Origanum vulgare*), and rue (*Ruta graveolens*) to control *Fusarium oxysporum* under in vitro conditions. The poisoned medium method was used to evaluate the extracts, while the dual culture technique was used to assess the antagonism of *Trichoderma*. It was determined that the laurel plant extract exhibited 89.73% inhibition of mycelial growth, and the fungus *Trichoderma viride* showed 87.42% inhibition, representing class 2 antagonism. Finally, it is concluded that the application of the laurel plant extract and *Trichoderma* represents an optimal strategy for the control of *Fusarium oxysporum*.

Keywords: fusarium oxysporum, control, plant extracts, trichoderma

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons.



Cómo citar: Mora Baez, G., Torres Rueda, L., Castro Varela, M., & Carrillo López, L. M. (2026). Alternativas de control de la marchitez del chile manzano (*Capsicum pubescens*) asociada con *Fusarium oxysporum*. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (1), 365 – 377. <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5261>

INTRODUCCIÓN

Una de las especies con mayor distribución en el mundo es el chile, el cual es considerado importante en la alimentación debido a la variabilidad de formas, aromas y colores que presentan. Además, se ha observado una creciente importancia en la industrialización y en la extracción de oleorresinas (Pozo y Mejía, 2014). El género *Capsicum* incluye a los chiles dulces y picantes. Son verduras cultivadas y consumidas en todo el mundo (Meckelmann et al., 2015). De las 38 especies pertenecientes al género *Capsicum*, *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens* son ampliamente cultivadas en México (Pickersgill, 2007).

El chile manzano (*Capsicum pubescens*), también es conocido como perón, ciruelo o cascabel; es originario de los andes de América del Sur. Es un producto agrícola con altas posibilidades de comercialización a nivel local, nacional e internacional debido a su demanda para consumo como verdura, así como por sus propiedades químicas para la obtención de derivados de la capsaicina (Meckelmann et al., 2015). Se cultiva entre los 1700 y 2500 metros sobre el nivel del mar; además, crece como arbusto grande que puede alcanzar hasta los 3 m de altura; el fruto es esférico, verde en estado inmaduro y rojo, amarillo o naranja al madurar.

El chile manzano se cultiva bajo sistemas de producción asociados con especies frutícolas como aguacate, durazno, pera, manzano y capulín, ya que se desarrolla mejor bajo condiciones de media sombra. Cuando se encuentra bajo sombra completa, el rendimiento disminuye y la planta es más susceptible a enfermedades, mientras que bajo condiciones de sol directo se avejenta y muere rápidamente. Para su producción se utilizan materiales seleccionados por los propios productores y multiplicados por semilla botánica, producción de plántulas y trasplante a campo o invernadero. Al ser una especie perenne se pueden mantener hasta 10 años con rendimientos que van desde los 9 hasta las 14 ton*ha⁻¹ cuando es cultivado bajo cielo abierto, mientras que en condiciones de invernadero se pueden obtener hasta 40-70 ton*ha⁻¹ (Oboh y Rocha, 2007).

Los principales estados productores de chile manzano son Michoacán, Puebla, Estado de México y Veracruz; en menor escala se encuentran Chiapas y Oaxaca (Torres et al., 2016). En el estado Puebla, específicamente en la sierra nororiental, el chile manzano se cultiva en los municipios de Tlatlauquitepec, Teteles, Zacapoaxtla y Teziutlán, debido a su importancia gastronómica, pues es un alimento considerado básico en la comida tradicional. Sin embargo, el cultivo puede ser afectado por diversos fitopatógenos cuya incidencia y severidad es cada vez más alta, destacando las enfermedades causadas por virus, hongos, oomicetos, bacterias e insectos (Moreno et al., 2016).

Una de las enfermedades más devastadoras en todo el mundo es la "marchitez", también conocida como secadera (Moctezuma-Bautista, 2021), la cual genera pérdidas que pueden llegar hasta el 100% al provocar la muerte de la planta. Esta enfermedad fue reportada en *C. annuum* por Vallejo-Gutiérrez et al. (2019), quien identificó a *Fusarium oxysporum* como el agente causal. Este patógeno tiene la capacidad de infectar almácigos y plantaciones de manera definitiva, dificultando significativamente su control (Montero-Tavera et al., 2013). De manera habitual el control realiza utilizando fungicidas de forma continua e indiscriminada, con la finalidad de reducir la incidencia y severidad de la enfermedad. Entre los más usados están Macozeb®, Folpet® y Benomyl 50®, (Sánchez, 2022) que en la mayoría de los casos suelen ser de alta toxicidad, pueden ocasionar resistencia, daño en la salud del productor y consumidor, además de ser precursores del deterioro del medio ambiente provocando alteraciones en aire, tierra, agua, flora y fauna (García et al., 2024).

Por lo anterior es indispensable buscar alternativas de control que permitan la continuidad y el aumento de la producción de chile manzano, mediante la introducción de control biológico o bien mediante la búsqueda de alternativas sostenibles no dañinas a la salud que contribuyan al cuidado del medio ambiente. A este respecto, el uso de productos naturales constituye un método de control alternativo

al uso de fungicidas sintéticos, mediante el uso de extractos de plantas, aceites esenciales y compuestos activos o metabolitos secundarios como agentes antifúngicos, tanto in vitro como in vivo; o bien mediante el control biológico, que consiste en el uso de organismos vivos para combatir enfermedades o plagas específicas de las plantas a través del parasitismo, antibiosis o competencia por recursos o espacio. Es indispensable generar alternativas de control que disminuyan los costos de producción y hagan del cultivo de chile manzano una actividad rentable para las familias y los pequeños productores.

METODOLOGÍA

Ubicación de experimento

El experimento se desarrolló en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México, en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL). En este sitio las condiciones ambientales incluyen temperaturas medias anuales de 15.5 °C y precipitaciones de 1242.9 mm, ubicándose a 1 681 msnm (Servicio Meteorológico Nacional, 2010).

La investigación se realizó bajo condiciones in vitro en las instalaciones del laboratorio de Usos Múltiples del ITSTL.

Inóculo fitopatógeno

Para la obtención del inóculo se realizaron aislados de frutos, hojas y tallos de plantas con presencia de síntomas visibles asociados a *Fusarium oxysporum* de cultivos de traspatio de la localidad El Mirador, Tlatlauquitepec, Puebla, ubicado en las coordenadas 19°49'27.7" LN y 97°31'6.9" LO. Con el material vegetal recolectado se tomaron fragmentos de tejido, los cuales fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 % y posteriormente se realizaron dos enjuagues con agua destilada estéril. Los fragmentos se colocaron en medio de cultivo agar papa y dextrosa (PDA) para su incubación a temperatura ambiente (20°C); después de 5 d se realizó un segundo aislamiento para purificar la cepa. Finalmente, al observar el desarrollo de esclerocios se procedió a realizar un tercer aislamiento para asegurar la pureza del cultivo (Hernández et al., 2019).

Cepas de *Trichoderma* spp.

Se utilizaron dos cepas nativas de *Trichoderma* spp. del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, Para el aislamiento se colocaron trampas de arroz en los sitios indicados en la tabla 1. Las trampas fueron realizadas con frascos de vidrio con porciones de arroz precocido y cubiertas con gasa estéril, colocadas a 30 cm de profundidad en el suelo durante 7 d. Posteriormente fueron seleccionadas aquellas que presentaron características de color de esporas asociadas a *Trichoderma* (Castrillo et al., 2021).

Tabla 1

*Ubicación del lugar de colocación de trampas para el aislamiento de cepas nativas de *Trichoderma**

Cepas de <i>Trichoderma</i> spp.	Antecedente agrícola del sitio de recolecta	Coordenadas geográficas
Cepa de Oyameles	Cultivo de papa	19.698444 LN -97.537639 LO
Cepa de Tlatlauquitepec	Bosque de pino-encino	19.8484532 LN -97.4986387 LO

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el aislamiento en medio de cultivo PDA a temperatura ambiente, inoculando fragmentos de arroz invadido por micelio y esporas de *Trichoderma* spp. de cada sitio. Cuando se observó la esporulación característica del hongo (esporas verdes a amarillentas), se realizó un segundo aislamiento.

Extractos vegetales

Para la obtención de los extractos vegetales se utilizó material vegetal de laurel silvestre (*Litsea glaucescens*), tomillo (*Thymus vulgaris*), orégano (*Origanum vulgare*), limonero (*Citrus limon*) y lavanda (*Lavandula*). Se utilizaron hojas, flores y frutas (limonero), recolectadas en el municipio de Tlatlaquitepec y trasladadas en bolsas de papel al Laboratorio de Usos Múltiples del ITSTL. Se cortaron en trozos de 5 cm aproximadamente, y se realizó una desinfección utilizando agua destilada; entonces se colocaron en frascos ámbar de 500 mL y se adicionó etanol al 70% hasta cubrir por completo el material vegetal. Se dejó reposar durante 30 días a temperatura ambiente (Mesa et al., 2019).

Se realizó la determinación de la actividad antirradical de las muestras con la técnica DPPH y ABTS. Para determinar la actividad antioxidante se realizó mediante la técnica de 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH). Se disolvieron 24 miligramos de DPPH en 100 ml de metanol para preparar la solución madre. La filtración de la solución madre de DPPH con metanol produjo una mezcla utilizable con una absorbancia de aproximadamente 0,973 a 517 nm. En un tubo de ensayo, se combinaron 3 ml de soluciones de DPPH viables con 100 µl de extracto de hoja. Tres mililitros de solución de DPPH en 100 µl de metanol se utilizan a menudo como estándar. Posteriormente, los tubos se mantuvieron en completa oscuridad durante 30 min. Por lo tanto, la absorbancia se determinó a 517 nm.

Para el método de ABTS se preparó una solución compuesta por ABTS 7 mM y persulfato de potasio 0,45 mM. La mezcla se dejó reposar en la oscuridad durante 16 h a temperatura ambiente. Se prepararon curvas de calibración con Trolox a concentraciones entre 250 a 1500 µM. Se tomaron 1000 µL del reactivo catión radical ABTS y se incubó a 30 °C. La absorbancia de la mezcla de reacción fue monitoreada a 734 nm cada 5 s durante 6 min a 30 °C. Para los extractos vegetales se realizaron diluciones y en lugar de los 10 µL de Trolox se adicionaron 10 µL de extracto previamente diluido. Para los extractos fue necesario un tiempo de 45 min para obtener una medida estable en la absorbancia.

Para determinar el porcentaje de antioxidantes se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de actividad antioxidante} = [(Ac - As) \div Ac] \times 100$$

donde: Ac—Absorbancia de la reacción de control; As—Absorbancia de la muestra de prueba.

Se determinó el contenido de fenoles totales mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu (Dewanto et al., 2002). Se tomaron 2 mg de cada extracto, se colocaron en un matraz erlenmeyer y se les agregó 50 mL de agua destilada y se agitó. Enseguida se tomaron 0,5 mL de cada una de estas disoluciones y se mezclaron con 0,75 mL de reactivo de FolinCiocalteu dejando en reposo a temperatura ambiente por 5 min después de lo cual se agregaron 0,75 mL de carbonato de sodio al 20 %. Se agitaron fuertemente para luego, dejar reposar durante 90 minutos a temperatura ambiente. Después de este tiempo se midió la absorbancia a 760 nm. Este procedimiento se realizó con cada una de las plantas objeto de estudio por triplicado.

Fase in vitro

Se realizó la aplicación de tratamientos y/o confrontaciones, según el caso, entre *Trichoderma* y los extractos vegetales; para el caso de *Trichoderma*, se realizó mediante la técnica de cultivos duales. Brevemente, en un extremo de una caja Petri se colocó un disco de 5 mm de diámetro del medio de

cultivo invadido con micelio activo de las cepas de *Trichoderma* spp., y en extremo opuesto un disco de las mismas características, pero invadido con micelio del fitopatógeno *Fusarium oxysporum* (Villa-Martínez et al., 2015).

Para el caso de los extractos vegetales, se realizó mediante la técnica de medio de cultivo envenenado, que consiste en la adición del extracto vegetal previo a la solidificación (entre 40 y 50 °C), en cajas Petri con 100 mL del cultivo de PDA. Se adicionan los extractos vegetales de laurel, tomillo, oregano, limonero y lavanda al 5% v/v. Posteriormente, un disco de 5 mm de diámetro de PDA con cultivo puro del crecimiento de *Fusarium oxysporum*, se transfirió al centro de las cajas Petri (Andrade-Hoyos et al., 2022).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental factorial completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento (tabla 2). Cada caja Petri de plástico de 90 x 15mm corresponde a la unidad experimental.

Tabla 2

Diseño de tratamientos en condiciones in vitro

Tratamiento	Descripción
T1	Cepa Oyameles
T2	Cepa Tlatlauquitepec
T3	Extracto de laurel
T4	Extracto de tomillo
T5	Extracto de limonero
T6	Extracto de lavanda
T7	Extracto de oregano
T8	Testigo fungicida comercial
T9	Testigo absoluto

Fuente: elaboración propia.

Variables de respuesta

Porcentaje de inhibición (%): Se determinó mediante la aplicación de la siguiente fórmula (Sánchez et al., 2017):

$$\%I = ((D1-D2)/D1)*100$$

Donde:

%I= porcentaje de inhibición del crecimiento micelial

D1= Diámetro del crecimiento micelial del testigo (mm), D2= diámetro del crecimiento micelial del influenciado (mm).

Clase de antagonismo: La clase de antagonismo se determinó utilizando la escala propuesta por Bell et al. (1982), como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Escala de Bell sobre clasificación de antagonismo de Trichoderma (Martínez et al., 2013)

Clase	Descripción
1	Trichoderma coloniza el 100% de la superficie del medio y crece sobre el fitopatógeno
2	Trichoderma coloniza dos terceras partes de la superficie del cultivo y limita el crecimiento del fitopatógeno
3	Trichoderma y el fitopatógeno colonizan cada uno la mitad de la superficie, ningún hongo domina
4	El fitopatógeno coloniza dos terceras partes de la superficie del medio y limita el crecimiento de Trichoderma
5	El fitopatógeno coloniza el 100% de la superficie del medio de cultivo y crece sobre Trichoderma

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha < 0.05$) con el software estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1.

RESULTADOS

Porcentaje de inhibición del crecimiento micelar (ICM)

Con base en los resultados obtenidos se puede observar en la tabla 4 que el extracto vegetal de laurel fue el que tuvo un efecto superior a todos los tratamientos, con excepción del tratamiento con fungicida comercial, que generó un 100 % de inhibición del crecimiento micelar. Por otro lado, el extracto de tomillo alcanzo un 70.08 % de ICM.

Todos los extractos vegetales generaron un efecto positivo, siendo superiores al testigo absoluto. Sin embargo, se observó que el efecto tiene una tendencia a disminuir a través del tiempo, ya que a los 16 y 24 días después de la inoculación el % de ICM fue menor.

Tabla 4

Efecto de la aplicación de extractos vegetales para el control de Fusarium oxysporum en condiciones in vitro

Tratamientos (extractos vegetales)	% de Inhibición de crecimiento micelar		
	8 ddi	16 ddi	24 ddi
Extracto de laurel	89.73 BZ	87.80 B	82.11 B
Extracto de tomillo	70.08 D	67.92 D	44.00 D
Extracto de limonero	54.48 E	45.05 E	36.14 E
Extracto de lavanda	55.56 E	48.67 E	41.26 E
Extracto de oregano	83.91 C	80.84 C	75.00 C
Testigo fungicida comercial	100.00 A	100.00 A	100.00 A
Testigo absoluto	0.00 F	0.00 F	0.00 F

Fuente: elaboración propia.

ZMedias con la misma letra dentro de columnas no representan diferencias significativas con un $\alpha \leq 0.05$ de acuerdo a la prueba Tukey. ddi= días despues de la inoculación.

A través del tiempo se observó una disminución del efecto de inhibición. Aunque para el tratamiento de extracto de laurel también se observó la misma tendencia, el porcentaje de disminución entre cada fecha evaluada fue menor en comparación con los demás tratamientos.

Porcentaje de crecimiento micelial (ICM) en confrontación con *Trichoderma*

La aplicación de control biológico a través de *Trichoderma* con aislamientos nativos generó un efecto positivo en el control del crecimiento de *Fusarium oxysporum*. Como se observa en la tabla 5, las dos cepas controlaron en más del 50% el crecimiento del fitopatógeno. Por otro lado, la cepa correspondiente a *Trichoderma viride* aislada de la localidad de Oyameles presentó un efecto superior en un 30 % a la cepa de Tlatlauquitepec, con valores que superan el 70 % de crecimiento a partir de las 24 h de evaluación hasta el final del experimento (96hdi). La tendencia anterior es representativa de las dos cepas evaluadas, ya que ambas generaron un crecimiento que fue en aumento a través del tiempo.

Tabla 5

Efecto de la confrontación de cepas nativas de Trichoderma en el control de Fusarium oxysporum bajo condiciones in vitro

Tratamiento <i>Trichoderma</i>	% de crecimiento micelial			
	24 hdi	48hdi	72hdi	96hdi
<i>Trichoderma harzianum</i> (Tlatlauquitepec)	52.63 BZ	54.83 B	54.78 B	63.06 B
<i>Trichoderma viride</i> (Oyameles)	71.94 A	73.89 A	76.35 A	87.42 A
Testigo absoluto	0.00 C	0.00 C	0.00 C	0.00

Fuente: elaboración propia.

ZMedias con la misma letra dentro de columnas no representan diferencias significativas con un $\alpha \leq 0.05$ de acuerdo a la prueba Tukey. hdi=horas después de la inoculación.

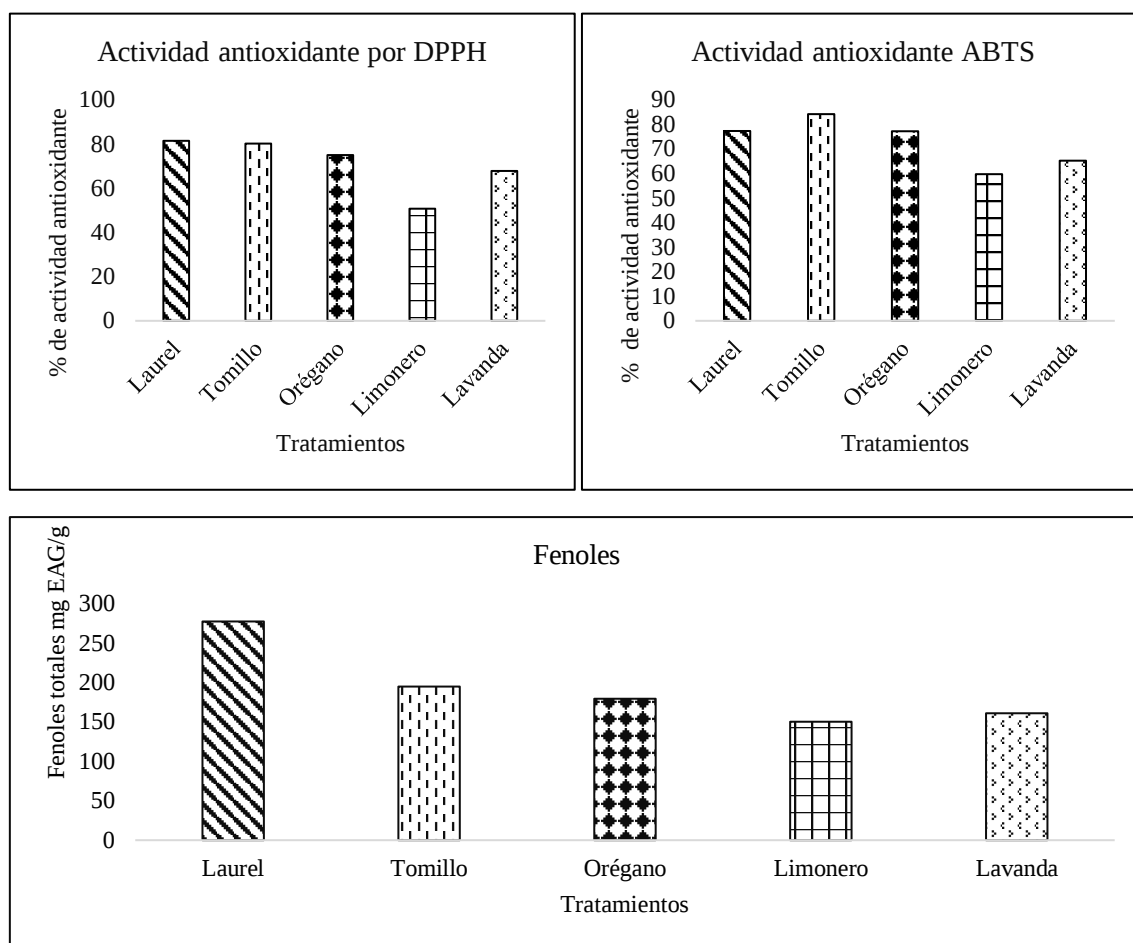
Con base en los resultados anteriores, se determinó la clase de antagonismo que las cepas evaluadas presentaron, observándose que *Trichoderma viride* colonizó dos terceras partes de la superficie del cultivo y, en consecuencia, limitó el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, obteniendo una clasificación de antagonismo de *Trichoderma* en la escala de Bell de clase 2.

Porcentaje de actividad antirradical (%)

El extracto de laurel fue el que presentó mayor actividad antioxidante (gráfico 1), independientemente de la técnica utilizada (DPPH y ABTS). Además, el extracto de laurel tuvo mayor cantidad de compuestos fenólicos en comparación con los demás tratamientos, confiriendo una mayor capacidad antioxidante. Así, la presencia de estos compuestos produjo el efecto fungistático presentado en la evaluación in vitro frente a *Fusarium oxysporum*.

Gráfico 1

Porcentaje de actividad antirradical por técnicas DPPH y ABTS, cuantificación de fenoles de extractos vegetales con actividad fungistatica en el control de Fusarium oxysporum.



Fuente: elaboración propia.

Los extractos vegetales evaluados presentaron actividad antirradical, aún que los extractos de oregano, limonero y lavanda fueron los que tienen una menor actividad y cantidad de compuestos fenolicos.

DISCUSIÓN

El efecto fungistatico que presentaron los extractos vegetales se debe a la presencia de compuestos del metabolismo secundario. La presencia de compuestos fenólicos como la catequina, epicatequina-3-O-galato, la quercetina-3-O-glucorónido y los ácidos clorogénico y cafeico pueden inducir resistencia contra hongos mediante la interferencia con dianas moleculares que incluyen biomembranas, proteínas y ácidos nucleicos (Ribera y Zuñiga, 2012). Nuestros resultados evidenciaron el potencial que tiene el extracto de laurel como herramienta sustentable para el control de *Fusarium oxysporum* debido a su alto contenido de compuestos fenólicos, que les confiere una alta capacidad para neutralizar radicales libres. De acuerdo con Silva-Beltrán et al. (2023), los compuestos fenólicos actúan como antifúngicos mediante diferentes mecanismos, como interferir con la síntesis de ATP y flujo de

caciones Ca^{+++} y K^+ , que causan tanto la pared como la membrana celular de los hongos, o bien mediante la inhibición de la sobreexpresión de la bomba de eflujo, que produce daño a las proteínas fúngicas. En el estudio realizado por Rodríguez-Castro et al. (2020) se reportó el 100% de inhibición en el crecimiento micelial de *Fusarium* con el uso de extractos de *Moringa oleifera*, *Persea americana*, *Equisetum hymale* y *Larrea tridentata*, bajo condiciones in vitro. El uso de plantas del semidesierto mediante la aplicación de extractos metanólicos también produjo resultados efectivos en la reducción de incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* (Tocuch-Pérez et al., 2012). Otros investigadores como Iturbide-Zuñiga et al. (2017) también reportaron efectos inhibitorios del extracto de bulbos de *Lilium* híbrido L/A "Indian summer" sobre *Fusarium oxysporum*, pero tan solo del 27 % del crecimiento micelial en comparación con el testigo absoluto (agua). Así, aunque muchos de los compuestos bioactivos de las plantas tienen potencial en el control de fitopatógenos de importancia económica a nivel mundial, es necesario realizar mayor investigación en el área de fitoquímica y productos naturales.

Respecto a la actividad antioxidante de los extractos evaluados se observó que todos presentaron porcentajes de actividad antirradical superior al 50 %. Estudios de otros investigadores también han reportado resultados semejantes a los nuestros utilizando extractos etanólicos. Así, Ojito-Ramos et al. (2012) observaron una mayor cantidad de compuestos químicos en extractos etanólicos de *Citrus reticulata* y *Citrus aurantifolia*, en comparación con extractos metanólicos. Además, todos los extractos evaluados presentaron actividad antioxidante y toxicidad moderada frente a *Artemia salina*. Del mismo, Cojom y Rodrigo (2023) también reportaron actividad antioxidante en extractos vegetales de tomillo, con potencial para el control microbiano de *Salmonella*.

Finalmente, otros investigadores también han reportado el efecto biocontrolador de *Trichoderma* frente a *Fusarium oxysporum*, observando reducciones hasta en 47 % en cuanto a la severidad de la enfermedad, especialmente con el uso de la cepa *T. viride* (Delgado-Morato., 2021). El efecto antifúngico de *Trichoderma* como hongo benéfico para el control biológico de hongos fitopatógenos ha sido atribuido a mecanismos como competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno y resistencia inducida, tal que los modos de acción dependen en gran medida del aislamiento de *Trichoderma* como hongo antagonista (Infante, 2009), dado que el género comprende una gran diversidad de hongos (541 especies registradas hasta la actualidad) (Andrade et al., 2023). Así por ejemplo, Micel-Aceves et al. (2019) reportaron el potencial antifúngico de cinco cepas de *Trichoderma*, en las cuales observaron un sobrecrecimiento parasítico que cubrió el 100 % del medio en el que se inocularon cepas de *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora*, resultados semejantes a los observados en nuestra investigación.

CONCLUSIÓN

El uso de extractos vegetales con disolventes polares puede ser altamente eficiente para el control de *Fusarium oxysporum*. En el caso del laurel, el extracto etanólico puede producir un alto porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* bajo condiciones in vitro. Respecto a la evaluación del antagonismo producido por las cepas nativas de *Trichoderma*, la cepa *T. viride* presenta un mayor grado de antagonismo, posicionándola en clase 2 dentro de la escala de Bell. Recomendamos profundizar en esta línea de investigación a través de la optimización de la obtención de extractos vegetales y la producción artesanal de *Trichoderma*.

REFERENCIAS

Andrade-Hoyos, P., Urrieta-Velázquez, J. A., Landero-Valenzuela, N., Reyes-de la Cruz, H., Sampayo-Maldonado, S., & Luna-Cruz, A. (2022). Potential of essential oils in the control of *Phytophthora cinnamomi* Rands and *Fusarium* sp. in vitro in *Cinnamomum verum*. *Terra Latinoamericana*, 40.

Andrade, P., Rivera, M. N., Landero, N., Silva, H.V., Martínez, S.J., & Romero, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: Una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55, 366–377.

Castrillo, M., Bich, G., Sioli, G., Zapata, P., & Villalba, L. (2021). Capacidad biocontroladora de aislamientos nativos de *Trichoderma* sp. contra el hongo fitopatógeno *Alternaria alternata*, aislado de yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 37(3), 244-256.

Cojom, C., & Rodrigo, C. (2023). Extracción, caracterización, evaluación de la capacidad antioxidante y de inhibición antibacteriana del aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) y su respectivo hidrolato mediante el uso de métodos tradicionales, enzimáticos y ultrasonido.

Delgado-Morato, L. D., & Bermúdez-Cardona, M. B. (2021). Resistance induction of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and antagonism of *Trichoderma viride* against *Fusarium oxysporum*. *Acta Agronómica*, 70, 101-106.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), 3010–3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>

García, W. S., Aquino, O. P., García, E. S., Ortiz, G. R., & Díaz, A. F. H. (2024). EFECTIVIDAD DE FUNGICIDAS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE *Fusarium* EN TRES ESPECIES DE PINO: Control de *Fusarium* en especies de pino. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 11(1).

Hernández Amasifuen, A. D., Pineda Lázaro, A. J., & Williams Noriega-Córdova, H. (2019). Aislamiento e identificación de *Fusarium oxysporum* obtenidos de zonas productoras de " ají paprika" *Capsicum annum* L.(Solanaceae) en el distrito de Barranca, Perú. *Arnaldoa*, 26(2).

Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14.

Iturbide-Zuñiga, A. S., Colinas-León, M. T. B., Lozoya-Saldaña, H., Medina-Moreno, S. A., & Ayala-Arreola, J. (2017). Evaluación in vitro de extractos del género *Lilium* para el control de *Fusarium oxysporum*. *Revista mexicana de fitopatología*, 35(3), 611-622.

Martínez, B., Pérez, J., Infante, D., Duarte, Y., & Moreno, M. (2013). Antagonismo de aislamientos de *Trichoderma* spp. frente a *Didymella bryoniae* (Fuckel) Rehm. *Revista de Protección Vegetal*, 28(3), 192-198.

Meckelmann, S. W., Jansen, C., Riegel, D. W., Van Zonneveld, M., Ríos, L., Peña, K., ... & Petz, M. (2015). Phytochemicals in native Peruvian *Capsicum pubescens* (rocoto). *European Food Research and Technology*, 241(6), 817-825.

Mesa, V. A. M., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J., & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 45(1), 23-30.

Michel-Aceves, A. C., Hernández-Morales, J., Toledo-Aguilar, R., Sabino López, J. E., & Romero-Rosales, T. (2019). Capacidad antagónica de *Trichoderma* spp. nativa contra *Phytophthora* parasitica y *Fusarium oxysporum* aislados de cultivos de jamaica. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(3), 235-241.

Moctezuma-Bautista, K., Ortiz-García, C. F., Palma-López, D. J., Cerón-Hernández, L. A., Fernández-Pavía, S. P., Rodríguez-Alvarado, G., & Landero-Valenzuela, N. (2021). Etiología de la marchitez del chile habanero (*Capsicum chinense*) en Tabasco, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(3), 503-514.

Montero-Tavera, V., Guerrero-Aguilar, B. Z., Anaya-López, J. L., Martínez-Martínez, T. O., Guevara-Olvera, L., & González-Chavira, M. M. (2013). Diversidad genética de aislados de *Rhizoctonia solani* (Kuhn) de chile en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(7), 1043-1054.

Moreno, L. P., Mendoza, G. H. N., Celedón, B. M., Galván, M. F. L., Hernández, L. R., & Franco, A. C. G. (2016). Incidencia, severidad y detección de virus fitopatógenos en lechuga, en el estado de Querétaro, México. *Acta Universitaria*, 26(2), 3-11.

Moreira, G. A. M., Véliz, D. J. M., Cruz, J. J. M., & Coello, K. P. P. (2025). Análisis de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de tomillo frente a *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras en condiciones in vitro. *Polo del Conocimiento*, 10(4), 487-503.

Oboh, G., & Rocha, J. B. T. (2007). Distribution and antioxidant activity of polyphenols in ripe and unripe tree pepper (*Capsicum pubescens*). *Journal of Food Biochemistry*, 31(4), 456-473.

Ojito Ramos, K., Herrera Sánchez, Y., Vega Pérez, N., & Portal Villafañá, O. (2012). Actividad antioxidante in vitro y toxicidad de extractos hidroalcohólicos de hojas de *Citrus* spp.(Rutaceae). *Revista cubana de plantas medicinales*, 17(4), 368-379.

Pickersgill, B. (2017). Ajíes or chile peppers (*Capsicum* spp.): history and biology. *Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo*.

Pozo, P., & Mejía, F. (2014). Aislamiento y caracterización fisicoquímica de la capsaicina de tres variedades de ají. *infoANALÍTICA*, 2(1), 9-20.

Ribera, A.E., & Zuñiga, G. (2012). Induced plant secondary metabolites for phytopathogenic fungi control: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4), 893- 911.

Rodríguez-Castro, A., Torres-Herrera, S., Domínguez-Calleros, A., Romero-García, A., & Silva-Flores, M. (2020). Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. *Abanico agroforestal*, 2.

Silva-Beltrán, N. P., Boon, S. A., Ijaz, M. K., McKinney, J., & Gerba, C. P. (2023). Antifungal activity and mechanism of action of natural product derivatives as potential environmental disinfectants. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 50(1), kuad036.

Torres, L. E. E., & Abarca, O. R. (2016). Rentabilidad de chile manzano ("*Capsicum pubescens*" RYP) producido en invernadero en Texcoco, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 325-335.

Tucuch-Pérez, M. A., Bojórquez-Vega, J. J., Arredondo-Valdes, R., Hernández-Castillo, F. D., & Anguiano-Cabello, J. C. (2021). Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2).

Vallejo-Gutiérrez, A. J., Mejía-Carranza, J., García-Velasco, R., & Ramírez-Gerardo, M. G. (2019). Respuesta de genotipos de *Capsicum pubescens* al daño ocasionado por el complejo fúngico de la marchitez. *Revista mexicana de fitopatología*, 37(1), 50-70.}

Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., & Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta agronómica*, 64(2), 194-205.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .