

FITOEXTRACTOS EFECTIVOS PARA EL MANEJO DE *Alternaria solani* CAUSANTE DE TIZON TEMPRANO EN JITOMATE ^a

EFFECTIVE PHYTOEXTRACTS FOR THE MANAGEMENT OF *Alternaria solani*, THE CAUSAL AGENT OF EARLY BLIGHT IN TOMATO

Velasco-Gaytán, R. ; Ayvar-Serna, S.*; Díaz-Nájera, J.F.; Mena-Bahena, A.

Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Guerrero 81. Primer piso. Col.
Centro. CP. 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero.

* E-mail: sergio.ayvar@csaegro.edu.mx

Fecha de envío: 20 de mayo de 2025

Fecha de publicación: 10, diciembre, 2025

Resumen:

El tizón temprano, causado por *Alternaria solani*, es una de las enfermedades más importantes del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), ocasionando pérdidas significativas en rendimiento y calidad del fruto. Tradicionalmente, su manejo se basa en fungicidas sintéticos, cuyo uso excesivo ha generado resistencia en el patógeno y efectos negativos en la salud y el ambiente. Por ello, se buscan alternativas sostenibles como los extractos vegetales con propiedades antifúngicas. El objetivo de esta investigación fue evaluar *in vitro* la actividad antifúngica de fitoextractos comerciales sobre una cepa de *A. solani*, previamente aislada e identificada de hojas de jitomate. Se utilizó la técnica de medio de cultivo en PDA envenenado, incorporando los extractos Cinn Acar[®], Progranic[®] Omega, Progranic[®] Mega, Cinna Mix[®], Candor[®], Azanim[®] y Regalia[®] Maxx. Como referencia se emplearon los fungicidas sintéticos Secadert[®] y Headline[®], todos los tratamientos se aplicaron en las dosis recomendadas por el fabricante. El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, a 28 °C, fotoperiodo natural (12 h luz) y humedad relativa de 40 %. Se midió el diámetro de las colonias durante 168 horas (7 días), calculando el porcentaje de inhibición y se realizó análisis estadístico (ANOVA y Tukey). Los resultados mostraron que Candor[®], Regalia[®] Maxx y ambos fungicidas inhibieron completamente (100 %) el crecimiento micelial. En contraste, Progranic[®] Omega no presentó efecto inhibitorio del patógeno; mientras que Cinn Acar[®], Progranic[®] Mega, Cinna Mix[®] y Azanim[®] mostraron promedios de 23.3, 65.9, 57.0 y 60.4 %, respectivamente. Se concluye que Candor[®] y Regalia[®] Maxx son alternativas ecológicas promisorias para el manejo sustentable de *A. solani* en jitomate.

Palabras clave: Extractos de plantas, fungicidas, efectividad biológica, inhibición.

^a El presente estudio es parte del proyecto de Tesis de Ing. Agr. Fitotecnista de Elvia Temisqueño Teyuco en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

Abstract:

Early blight, caused by *Alternaria solani*, is one of the most important diseases affecting tomato (*Solanum lycopersicum* L.), causing significant losses in both yield and fruit quality. Traditionally, its management relies on synthetic fungicides, whose excessive use has led to pathogen resistance and negative impacts on human health and the environment. Therefore, sustainable alternatives such as plant extracts with antifungal properties are being sought. The objective of this research was to evaluate the in vitro antifungal activity of commercial phytoextracts against a strain of *A. solani*, previously isolated and identified from tomato leaves. The poisoned culture medium technique on potato dextrose agar (PDA) was used, incorporating the extracts Cinn Acar®, Progranic® Omega, Progranic® Mega, Cinna Mix®, Candor®, Azanim®, and Regalia® Maxx. As reference treatments, the synthetic fungicides Secadert® and Headline® were included. All treatments were applied at the doses recommended by the manufacturer. The experiment was conducted in a completely randomized design with five replications, at 28 °C, under natural photoperiod conditions (12 h light) and 40% relative humidity. Colony diameter was measured over 168 hours (7 days), calculating the inhibition percentage, and data were analyzed using ANOVA and Tukey's test. The results showed that Candor®, Regalia® Maxx, and both synthetic fungicides completely (100%) inhibited mycelial growth. In contrast, Progranic® Omega had no inhibitory effect on the pathogen, while Cinn Acar®, Progranic® Mega, Cinna Mix®, and Azanim® showed inhibition percentages of 23.3, 65.9, 57.0, and 60.4%, respectively. It is concluded that Candor® and Regalia® Maxx are promising eco-friendly alternatives for the sustainable management of *A. solani* in tomato crops.

Keywords: Plant extracts, fungicides, biological effectiveness, inhibition.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado el cultivo hortícola de mayor importancia económica a nivel mundial. Aunque su origen se localiza en Sudamérica, actualmente se cultiva en numerosos países, alcanzando en 2021 una producción de 189,133,955 toneladas en una superficie de 5,167,388 hectáreas. China se posiciona como el principal productor y consumidor global, mientras que Estados Unidos ocupa el primer lugar como importador y México es el mayor exportador de este fruto a nivel internacional (FIRA, 2017; FAOSTAT, 2021).

El consumo de tomate, tanto fresco como procesado, goza de amplia aceptación por parte de la población debido al valor nutricional. Es fuente importante de minerales, vitaminas y compuestos bioactivos con propiedades anticancerígenas, antisépticas, laxantes, desinflamatorias y remineralizantes (SIAP, 2016). La demanda constante en el mercado convierte a este cultivo en una alternativa rentable y atractiva para el sector agrícola. En México, aunque la siembra se

distribuye en distintas regiones, los estados de Sinaloa, Baja California Sur, Sonora y Michoacán aportan en conjunto el 77.5 % de la producción nacional (SIAP, 2022). No obstante, la producción, calidad y rentabilidad del cultivo se ven amenazadas por diversas enfermedades fúngicas, entre las cuales destaca el tizón temprano, causado por *Alternaria solani* (Sorauer). Bajo condiciones ambientales favorables para el patógeno, esta enfermedad provoca defoliación prematura, canchales en tallos, tizón de flores y lesiones en los frutos, lo que deriva en pérdidas económicas significativas (Kemmitt, 2013). Tradicionalmente, su control se ha basado en la aplicación de fungicidas sintéticos, los cuales han demostrado eficacia para reducir la incidencia y severidad del patógeno en campo. Sin embargo, el uso intensivo y prolongado de agroquímicos ha generado efectos adversos como la acumulación de residuos, contaminación ambiental, toxicidad, riesgos a la salud humana y la generación de cepas resistentes del hongo (Jiménez et al., 2019).

Ante estos inconvenientes, se han incrementado los esfuerzos por identificar alternativas de control más seguras y compatibles con el medio ambiente, como el uso de pesticidas biológicos y extractos vegetales, que puedan utilizarse en programas de manejo integrado de enfermedades dentro de sistemas agrícolas sustentables. Particularmente en la producción orgánica, ha cobrado relevancia el empleo de extractos de plantas que contienen metabolitos secundarios con propiedades antimicrobianas, los cuales son capaces de inhibir o suprimir el desarrollo de una amplia gama de fitopatógenos, incluyendo *A. solani*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *A. flavus*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Bipolaris oryzae*, *Botrytis cinerea*, *Curvularia lunata*, *F. verticillioides* y *F. graminearum*. Además, estos extractos pueden inducir mecanismos bioquímicos de defensa en las plantas (Hanaa, 2021). Diversas especies vegetales como *Cinnamomum zeylanicum*, *Syzygium aromaticum*, *Ferula foetida*, *Inula racemosa*, *Hemidesmus indicus*, *Rubia cordifolia*, *Glycyrrhiza glabra* y *Saussurea lappa*, han mostrado niveles variables de inhibición sobre el crecimiento de *A. solani* en tomate bajo condiciones de laboratorio (Adhikari et al., 2017; Yeole et al., 2014).

En México, actualmente se dispone de una amplia gama de formulaciones comerciales elaborados con extractos vegetales, utilizados de manera individual o combinada, que se recomiendan para el control biológico de plagas y enfermedades. Por ello, esta investigación se propuso evaluar y comparar la

efectividad biológica de algunos pesticidas botánicos frente a fungicidas sintéticos, en la inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *A. solani*, con el objetivo de identificar los tratamientos con mayor potencial para utilizarse en manejo integrado del tizón temprano del tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGro), localizado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula; entre las coordenadas 18°15'56.97" latitud norte y 99°38'52.49" longitud oeste a 639 msnm. En esta región prevalece el clima tropical seco Awo (w) (i) g. El periodo de lluvias se presenta en verano. La precipitación promedio anual es de 767 mm y la temperatura, de 26 °C (García, 2005). Se evaluaron como tratamientos, los productos botánicos y químicos presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos con las dosis de los plaguicidas botánicos y químicos utilizados contra *Alternaria solani* en PDA envenenado..

Table 1. Treatments with doses of botanical and chemical pesticides used against *Alternaria solani* in poisoned PDA.

Simbología del tratamiento	Tratamiento	Ingrediente activo (composición porcentual)	Actividad	Dosis comercial*	
				ha ⁻¹	en 20 mL de PDA
T1	Testigo	0		0	0
T2	Cinn Acar®	Extracto de canela <i>C. zeylanicum</i> (15.0 %)	Insecticida y acaricida	1.5 - 2.0 L	0.2
T3	Progranic® Omega	Extracto de chicalote <i>A. mexicana</i> 90.0 %	Insecticida	2 - 3 L	0.3
T4	Progranic® Mega	Extracto de gobernadora <i>L. tridentata</i> (95 %)	Fungicida y bactericida	1 - 3 L	2
T5	Cinna Mix®	Extracto (terpenos) de naranja <i>C. sinensis</i> (2.8 %)	Insecticida y acaricida	1 - 1.5 L	0.75
T6	Candor®	Extracto de naranjo <i>C. sinensis</i> (25 %) + extracto de canela <i>C. zeylacum</i> (7 %)	Insecticida y acaricida	2 - 4 L	2
T7	Azanim®	Azadiractina. Extracto de neem <i>A. indica</i> (3 %)	Insecticida	0.25 - 1 L	1
T8	Regalia® Maxx	Extracto de falopia <i>R. sachalinensis</i> Schmidt. (24.4 %).	Fungicida	1.25 - 1 L	0.75
T9	Secadert®	Sulfato de cobre pentahidratado CE (12.5 %)	Fungicida y bactericida químico	1 - 2 L	3.75
T10	Headline®	Piraclostrobin. CE (23.6 %)	Fungicida químico sistémico.	0.5 - 1 L	0.25

*Se utilizó la dosis recomendada por el fabricante del producto comercial; considerando un gasto de 500 L ha⁻¹ (DEAQ/DIPO, 2023; AgriSolver, 2022).

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con cinco repeticiones; la unidad experimental fue la caja Petri con 20 mL de PDA suplementado con la dosis del producto orgánico o químico (Cuadro 1), adquirido en el mercado. Se probó la fungitoxicidad de los plaguicidas comerciales mediante la técnica de cultivo envenenado descrita por Patel et al. (2023), por lo tanto, se sembró en el centro de la caja, un disco de PDA (5 mm de diámetro) cortado con el perforador de la colonia del hongo patógeno que tenía 7 días de incubación. Las cajas se sellaron con cinta parafilm, se etiquetaron y se incubaron a temperatura ambiente ($\approx 28^\circ\text{C}$) y fotoperiodo natural de 12 h (luz) en el laboratorio. Se midió el diámetro (cm) de la colonia de *A. solani* cada 24 h durante 7 días (168 horas); con estos datos se calculó el porcentaje de inhibición del patógeno, aplicando la fórmula de Patel et al. (2023) y se realizaron el análisis de varianza y la comparación de medias por el método de TuKey (SAS Insitute, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del diámetro de colonia de *A. solani* en siete fechas de medición reveló diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) atribuibles a los tratamientos con fungicidas sintéticos y biorracionales aplicados en medio PDA envenenado. Durante el periodo de incubación (24 a 168 h), se observó inhibición completa del crecimiento miceliar en los tratamientos con Candor®, Regalia® Maxx y Headline®, confirmando su efecto fungicida sobre la cepa evaluada. En contraste, el resto de los productos mostraron efecto fungistático, ya que inhibieron el desarrollo del patógeno, con diámetros de colonia entre 3.13 cm (Azanim®) y 6.9 cm (Cinn Acar®). Al final del ensayo, notablemente Progranic® Omega no presentó actividad inhibitoria, permitiendo un crecimiento de 9 cm, equivalente al registrado en el tratamiento testigo, lo cual sugiere una posible estimulación del crecimiento fúngico a la dosis utilizada (Cuadro 1; Figura 1).



Cuadro 1. Comparación de los valores promedios del crecimiento (cm) de la colonia de *A. solani* incubada en PDA envenenado con pesticidas botánicos o químicos, en siete fechas de evaluación.

Table 1. Comparison of the average colony growth values (cm) of *A. solani* incubated on poisoned PDA with botanical or chemical pesticides, at seven evaluation dates.

No.	Tratamientos	Días /horas						
		24	48	72	96	120	144	168
1	Testigo	2.52 ^a	4.28 ^a	5.34 ^a	6.26 ^a	7.22 ^a	8.04 ^a	9 ^a
2	Cinn Acar [®]	0.90 ^{dc}	3 ^c	3.96 ^b	4.73 ^b	5.46 ^b	6.70 ^b	6.9 ^b
3	Progranic [®] Omega	1.78 ^b	3.94 ^b	5 ^a	5.22 ^b	6.84 ^a	7.64 ^a	9 ^a
4	Progranic [®] Mega	0.72 ^d	1.22 ^e	1.70 ^c	2.02 ^c	2.07 ^{de}	2.40 ^{de}	3.06 ^d
5	Cinna Mix [®]	0 ^e	0 ^f	1.10 ^d	2 ^c	1.70 ^e	2.36 ^e	3.86 ^c
6	Candor [®]	0 ^e	0 ^f	0 ^e	0 ^d	0 ^f	0 ^f	0 ^e
7	Azanim [®]	1.04 ^c	1.78 ^d	2.06 ^c	2.47 ^c	2.58 ^{dc}	3 ^{dc}	3.13 ^{dc}
8	Regalia [®] Maxx	0 ^e	0 ^f	0 ^e	0 ^d	0 ^f	0 ^f	0 ^e
9	Secadert [®]	0.72 ^d	1.32 ^e	1.80 ^c	2.16 ^c	2.68 ^c	3.46 ^c	3.46 ^{dc}
10	Headline [®]	0 ^e	0 ^f	0 ^e	0 ^d	0 ^f	0 ^f	0 ^e
Prob. (F)		<.0001 ^{**}	<.0001 ^{**}	<.0001 ^{**}	<.0001 ^{**}	<.0001 ^{**}	0<.0001 ^{**}	<.0001 ^{**}
DMS		0.20	0.30	0.38	0.63	0.55	0.62	0.78

±Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). ^{**}= Altamente Significativo ($\alpha \leq 0.01$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

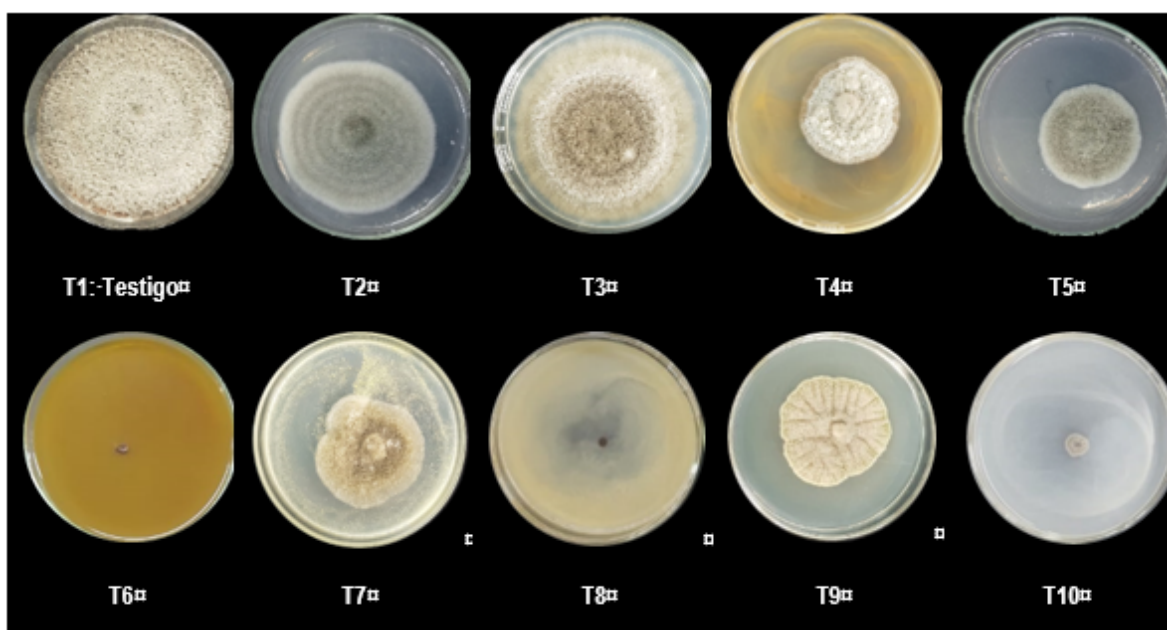


Figura 1. Crecimiento de las colonias de *Alternaria solani*, después de 168 h de incubación en PDA envenenado con fungicidas biorracionales o químicos.

Figure 1. Colony growth of *Alternaria solani* after 168 h of incubation on poisoned PDA with biorational or chemical fungicides.

Los fungicidas biorracionales mostraron un amplio rango de inhibición que fluctuó desde 0 % en el tratamiento T3= Progranic® Omega, hasta 100 % en T8= Regalia® Maxx; es decir, tuvieron acción fungistática y fungicida. El tratamiento T3 con Progranic® Omega fue el único que no tuvo efecto sobre el hongo (Figura 2). Diversos estudios han demostrado que los pesticidas botánicos inhiben el crecimiento fúngico a través de compuestos fitoquímicos como flavonoides, alcaloides cumarínicos y terpenoides, los cuales inducen toxicidad fúngica significativa (Ibere et al., 2014). Wakeil et al. (2013) señalaron que estos componentes bioactivos alteran las membranas celulares de los hongos, incrementando su permeabilidad y causando la fuga del contenido celular, lo que conduce a daños intracelulares, deformación y muerte celular, por otro lado, Bartlett et al. (2002) mencionaron que, el piraclostrobin actúa interrumpiendo el transporte de electrones en las mitocondrias y disminuye la producción de trifosfato de adenosina (ATP). Asimismo, Yang y Bai (2012) han informado que esta molécula activa pertenece al grupo químico de las estrobilurinas (FRAC CODE 11), los cuales son inhibidores externos de la quinona (QoI), que afectan la respiración celular del hongo, debido a que inhiben la cadena de transporte de electrones en el complejo III de la mitocondria. Presenta actividades preventivas y curativas contra una amplia gama de patógenos fúngicos de plantas.

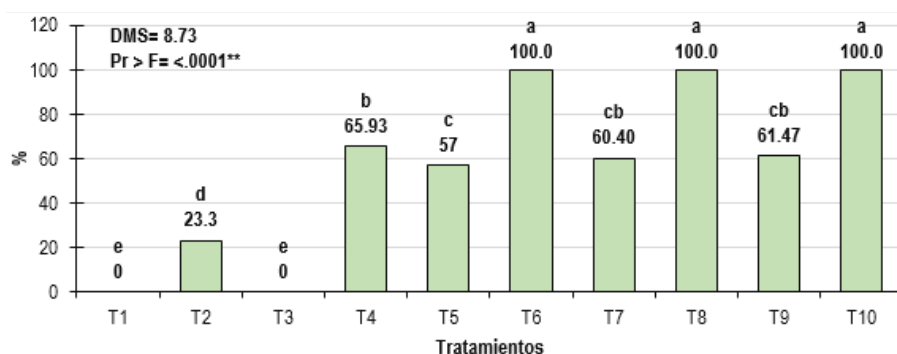


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de inhibición del crecimiento de la colonia de *A. solani*, después de 168 h de incubación en PDA envenenado con fungicidas biorracionales o químicos.

Figure 2. Effect of treatments on the percentage of growth inhibition of *A. solani* colonies after 168 h of incubation on poisoned PDA with biorational or chemical fungicides.

Respecto a la actividad antifúngica *in vitro* de fungicidas biorracionales, Bahadur et al. (2020) reportaron que extractos de Neem (*Azadirachta indica*), ajo (*Allium sativum*), jengibre (*Zingiber officinale*) y bandera dulce (*Acorus calamus*), aplicados al 15 %, inhibieron el crecimiento de *Alternaria brassicicola* en 80.15, 77.34, 61.18 y 99.91 %, respectivamente. En un estudio similar, Bashir et al. (2020) observaron que el extracto de cinamomo (*Melia azedarach*) al 20 % inhibió el 73.18 % del crecimiento de *A. solani*, seguido por *Cannabis sativa* (55.79 %), *Achillia millefolium* (37.12 %) y *Datura stramonium* (31.9 %). Abeer et al. (2021) indicaron que extractos de boldo paraguayo (*Plectranthus neochilus*) y viña virgen (*Parthenocissus quinquefolia*) lograron una inhibición del 54 % del micelio fúngico. Asimismo, Pokhrel y Cholden (2022) reportaron que extractos de *Hyptis suaveolens* y *Rumex nepalensis* al 40 % alcanzaron inhibiciones del 55.58 y 21.52 % sobre *A. solani*. Martínez (2018) documentó que extractos de *Eucalyptus cinerea*, *Larrea tridentata* y *Schinus molle* a 3000 ppm inhibieron el crecimiento de *A. solani* en un 95.8, 91.7 y 91.7 %, respectivamente.

En relación con los extractos botánicos, Siripornvisal et al. (2009) destacaron la fuerte actividad antifúngica de diversos extractos, aceites esenciales y compuestos volátiles vegetales. Ahmad et al. (2017) mencionaron que los pesticidas botánicos contienen compuestos bioactivos como esteroides, alcaloides, taninos, terpenos, fenoles, flavonoides y resinas.

Por otro lado, en estudios sobre fungicidas químicos, Shamurailatpam y Kumar (2020) reportaron inhibiciones del 95.63, 91.19 y 77.84 % para azoxystrobin (23 %), propiconazol (25 %) y mancozeb (75 %), respectivamente, contra *A. solani* aislado de jitomate. Choudhary et al. (2021) observaron que una mezcla de hexaconazol 4 % + zineb 68 % redujo el crecimiento micelial en 100 %, mientras que piraclostrobin + epoxiconazol a 250 ppm inhibió el 89.62 %, alcanzando el 100 % a concentraciones mayores (500-1000 ppm), similar a difenoconazol. Asimismo, hexaconazol y mancozeb a 500 ppm lograron inhibiciones del 100 %, mientras que carbendazin y oxiclورو de cobre mostraron 25.97 y 93.10 % de inhibición, respectivamente. Por otro lado, Bartlett et al. (2002) describieron que el fungicida piraclostrobin interrumpe el transporte electrónico mitocondrial y reduce la síntesis de trifosfato de adenosina (ATP). Yang y Bai (2012) añadieron que esta molécula, clasificada como una estrobilurina (FRAC CODE 11), actúa como inhibidor externo



de la quinona (QoI), afectando la cadena de transporte de electrones en el complejo III mitocondrial, con efectos preventivos y curativos contra diversos patógenos fúngicos. Finalmente, Rodríguez et al. (2021) y Andrade et al. (2022) coincidieron en que azoxystrobin y piraclostrobin poseen propiedades sistémicas como inhibidores externos de la quinona (QoI), interfiriendo en la respiración mitocondrial al bloquear el sitio QoI del citocromo b en el complejo III, lo que impide la producción de ATP y suprime tanto el crecimiento micelial como la germinación de esporas en hongos fitopatógenos.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que tanto los extractos vegetales como los fungicidas químicos evaluados presentan una eficacia significativa en la inhibición del crecimiento micelial de *Alternaria solani*, agente causal de la enfermedad conocida como tizón temprano en jitomate. En particular, se demostró que algunos extractos botánicos comerciales, como Candor® y Regalia® Maxx alcanzaron niveles de 100 % de inhibición, evidenciando un notable potencial antifúngico comparable al del fungicida sintético Headline®.

El análisis comparativo entre pesticidas botánicos y fungicidas sintéticos pone de manifiesto que, si bien los productos químicos logran mayores porcentajes de inhibición, ciertos extractos vegetales, aplicados a concentraciones adecuadas, representan una alternativa viable y ambientalmente amigable para la reducción de daños ocasionados por *A. solani*.

Agradecimientos

Se expresa nuestro agradecimiento al laboratorio de Fitopatología del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por las facilidades otorgadas y proporcionar, equipo, materiales y los recursos económicos requeridos para la realización de la investigación. Asimismo, a la Técnica Laboralista C. Duvelsa Camacho Rodríguez por el apoyo durante la realización del experimento.



LITERATURA CITADA

- Abeer, A. M., Mohsen M. S., Manal, M. Z., Mervat, E. H., Hayssan, M. A., Dunia, A. F. Ashraf, A. H., Mohamed. Z. S., and Nader, A. A. (2021). Ecofriendly bioagents, *Parthenocissus quinquefolia*, and *Plectranthus neochilus* extracts to control the early blight pathogen (*Alternaria solani*) in tomato. *Agronomy*, 11(5), 911. Disponible en: file:///C:/Users/gatol/Downloads/Ecofriendly_Bioagents_Parthenocissus_quinquefolia_.pdf.
- Adhikari, P., Oh, Y., and Panthee, D. R. (2017). Current status of early blight resistance in tomato: An Update. *International Journal of Molecular Science*, 18(10), 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18102019>.
- AgriSolver. 2022. Comunidad para soluciones en Agricultura. 13 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.agrisolver.com/productos-para-control/proyectil-50-ph?tabIndex=1>.
- Ahmad, S. S., Kumar, S., and Correspondence, W. (2017). Phytochemical screening and antimicrobial study of *Euphorbia hirta* extracts. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 5(2), 183-186. Disponible en: <https://www.plantsjournal.com/archives/2017/vol5issue2/PartC/5-2-7-339.pdf>.
- Andrade, S., Augusti, G., Paiva, G., Feksa, H., Tessmann, D., Machado, F., Mizubuti, E., and Ponte, E. (2022). Phenotypic and molecular characterization of the resistance to azoxystrobin and pyraclostrobin in *Fusarium graminearum* populations from Brazil. *Plant Pathology*, 71(5). DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13535>.
- Bahadur, P. L., Chhetri, P., Pandey, A., and Paudel, R. (2020). *In vitro* evaluation of botanical extracts, chemical fungicides and *Trichoderma harzianum* against *Alternaria brassicicola* causing leaf spot of cabbage. *Nepalese Horticulture Magazine*, 14, 68-76. DOI: <https://doi.org/10.3126/nh.v14i1.30612>.
- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., and Parr. D., B. (2002). The strobilurin fungicides. *Pest Management Science*, 58(1), 649-662. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.520>.
- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M. and Parr. D, B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Management Science*, 58(1), 649-662. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.520>.
- Bashir, S., Jabeen, K., Iqbal, S., Javed, S., and Naeem, A. (2019). *Lantana camara*: phytochemical analysis and antifungal prospective. *Planta Daninha*, 37(3). DOI: 10.1590/s0100-83582019370100137.
- Choudhary, A., Verma, J., Ram, R., Yadav, P., and Dhaka, S. (2021). *In vitro* evaluation of different fungicides against tomato early blight caused by *Alternaria solani*. *Journal of Plant Disease Sciences*, 16(2), 166-169. DOI: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/7644295>.
- DEAQ/DIPO. (2023). Diccionario de Especialidades Agroquímicas/Diccionario de Insumos para la Producción orgánica. Disponible en: <https://www.agroquimicos-organicosplm.com/>.

- FAOSTAT (2021). Datos sobre alimentación y agricultura. Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- FIRA. (2017). *Panorama agroalimentario. Tomate Rojo 2017*. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Banco de México. 24. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Desktop/TESIS%20Y%20SEM,%20INVEST.%2025-032023/Fungicidas%20A.%20solani%20tomato/1.%20CULTIVO%20TOMATE/Panorama%20Agroalimentario%20Tomate%20Rojo%202017.pdf>
- García, E. 2005. *Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen*. 4ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 217 pp.
- Hanaa, S. H., Abeer. A. M., Mostafa, N. F., Mohamed. Z. S., Hayssan, M. A. Mohammad, A., and Doa, Y. A. E. (2021). Natural plant extracts and microbial antagonists to control fungal pathogens and improve the productivity of zucchini (*cucurbita pepo* L.) *in vitro* and in greenhouse. *Journals Horticulturae*, 7(11). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2311-7524/7/11/470>.
- Jiménez, R. M. F., Carrascob, H., Oleab, F. A., and Silva, M, E. (2019). Compuestos naturales: una alternativa sostenible al control de fitopatógenos. *Revista de la Sociedad Química de Chile*, 64(2). DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072019000204459>.
- Kemmitt, G. (2013). Potato and tomato early blight. The plant health instructor. *The American Society for Plant Pathology*, Disponible en: <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons/Pages/PotatoTomato.aspx>.
- Martínez, L. E. (2018). Extractos vegetales para el manejo de plagas y enfermedades en jitomate (*solanum lycopersicum*) y fresa (*Frgaria x ananassa* Duch.). Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Centro de Ciencias Agropecuarias. Aguascalientes, DOI:
- Patel, P., Kumar, V. and Kumar, N. K. (2023). Inhibitory effect of bioagents, plant extracts and fungicides on the *in vitro* growth of asperisporium caricae (speg.) maubl causing papaya. Black Spot Disease, 15 (4), 47-55.
- Pokhrel, B. and Choden, D. (2022). Antifungal efficacy of Hyptis suaveolens and *Rumex nepalensis* extracts against *Alternaria solani*: An approach for bio-pesticides. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 43(1). <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/1930/430304.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rodríguez, M. V., Calonne. S. M., Bremhorst, V., Garcés. R. M., and Declerck, S. (2021). Fungicides with contrasting mode of action differentially affect hyphal healing mechanism in *Gigaspora* sp. And *Rhizophagus irregularis*. *Frontiers in Plant Science*, 12(1), 642094.
- Shamurailatpam, D., & Kumar, A. D. E. S. H. (2020). A review on recent methods to control early blight of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant cell biotechnology and Molecular biology*, 21(37), 136-148.

- SIAP. (2016). Jitomate (tomate rojo), es una hortaliza y sus propiedades son un medicamento natural. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/jitomate-tomate-rojo-es-una-hortaliza-y-sus-propiedades-son-un-medicamento-natural>.
- SIAP. (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732608/Jitomate_Mayo.pdf.
- Siripornvisal, S., Rungprom, W., and Sawatdikarn, S. (2009). Antifungal activity of essential oils derived from some medicinal plants against grey mould (*Botrytis cinerea*). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(1). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:44742035>.
- Wakeil, N. E. 2013. Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*, 65 (1), 125-149. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-013-0308-3>.
- Yang, L. J. and Bai, Y. L. 2012. Strobilurin fungicide: pyraclostrobin. Modification. *Agrochem*, 11(1), 46-50.
- Yeole, G. J., Teli, N. P., Kotkar, H. M., and Mendki, P. S. 2014. *Cinnamomum zeylanicum* extracts and their formulations control early blight of tomato. *Journal of Biopesticides*, 7(2), 110-123.

