

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Subproductos de Crucíferas para el Biocontrol de *Fusarium Oxysporum* en el Cultivo de Tomate

Por:

LUIS ALBERTO PEREZ PICENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Subproductos de Crucíferas para el Biocontrol de *Fusarium*
Oxysporum en el Cultivo de Tomate

Por:

LUIS ALBERTO PEREZ PICENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal Interno



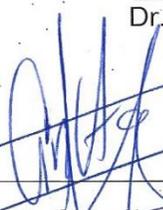
Lic. Wendy Xiomara Sandoval Ortiz
Asesor Principal Externo



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Coasesor



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Junio 2022



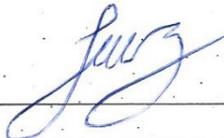
Declaración de no plagio

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

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

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

Pasante



LUIS ALBERTO PEREZ PICENO

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

ALBERTO PEREZ ARROYO & AMELIA PICENO HERNANDEZ

Gracias por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por cada día confiar en mí y en mis expectativas. A quienes la ilusión de su vida ha sido en convertirme en una persona de provecho. Mis conceptos, mis valores y mi superación se las debo a ustedes, quiero que sientan que el objetivo logrado es de ustedes, gracias por darme eternamente la herencia más valiosa que pudiera recibir fruto del inmenso apoyo y confianza que en mi se depositó para que los esfuerzos y sacrificios hechos por mí no fueron en vano. ¡Los quiero...!

A MI HERMANA

DANIELA MONTSERAT PEREZ PICENO

Gracias por estar siempre a mi lado, por los maravillosos momentos que hemos pasado, por estar siempre conmigo en los momentos difíciles y sobre todo por alentarme a seguir adelante para poder cumplir mis sueños, y quiero recordarte que en esta vida sueña en grande y que luches día a día para que puedas cumplir tus sueños, porque estoy seguro de que lograras todo lo que te propongas. ¡La mejor hermana que la vida me pudo dar la adoro con todo mi corazón...!

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Agradezco a mi buen dios que ha estado conmigo en cada paso de mi vida, por confortarme y bendecirme. Le agradezco, por haberme permitido vivir esta etapa, por darme la oportunidad de seguir adelante con mis sueños, dando un paso en mi vida profesional y darme fuerzas para cumplir mis metas junto a mi familia que es lo más preciado en mi vida.

A MI ALMA TERRA MATER Por darme la oportunidad de formar parte del grupo de profesionistas (Narros) que llegan aquí con la ilusión de culminar su carrera profesional y al salir agradecen infinitamente a la institución y maestros que la forman, porque día a día me enseñaron algo nuevo, lo cual me servirán para enfrentarme a la vida como profesionista.

De manera muy especial a cada uno de mis asesores:

A MI ASESOR, al Dr. Alberto Sandoval Rangel por su tiempo y valiosa orientación técnico-científica en la realización de esta investigación, consejos profesionales y por su sincera amistad.

A MI COASESOR, Lic. Wendy Xiomara Sandoval Ortiz por haberme permitido trabajar en este proyecto, por su importante y valiosa orientación y conocimiento que me sirvieron para fortalecer este trabajo.

A MI COASESOR, Dr. Adalberto Benavides Mendoza por su importante colaboración, orientación y conocimiento para fortalecer este trabajo.

A MI COASESOR, Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente por su importante colaboración, orientación y conocimiento para fortalecer este trabajo.

A MIS ABUELOS: Antonio Piceno Morales (+), María del Refugio Hernández, Alberto Pérez Campos, Ofelia Arroyo Arias Por haberme dado consejos que me sirvieron durante mi adolescencia y me sirvieron para ser una persona de bien y con metas siempre fijas.

A MIS TIOS Y TIAS: Fausto Gutiérrez Rosas, Verónica Piceno Hernández, Olivia Pérez Arroyo, Yolanda Pérez Arroyo, Juan Martin Pérez Arroyo Por haberme dado valiosos consejos para seguir adelante.

A MIS PRIMOS: Carlos André Pérez Piceno, Kassandra Beatriz Gutiérrez Piceno, José Giovanni Gutiérrez Piceno, Citlali Sarahi Pérez Arroyo, María Guadalupe Martínez Pérez.

Gracias por todo el apoyo, por siempre animarme a seguir con mis sueños y confiar en mí.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACION: Jairo, Aaron, Samuel, Rene, Victoria, Adán, que desde un principio nos apoyamos en las buenas y malas desde el inicio de la carrera.

ÍNDICE GENERAL

Declaración de no plagio.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos Generales.....	2
Objetivos Específicos	2
HIPÓTESIS.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Biocontrol.....	3
Biofumigación.....	3
Acción biofumigante de las crucíferas o Brassicas.....	4
<i>Fusarium</i>	4
<i>Fusarium Oxysporum</i>	5
Síntomas de <i>Fusarium Oxysporum</i>	5
<i>Fusarium en tomate</i>	6
Generalidades del cultivo de tomate.....	7
Producción de Tomate.....	8
Condiciones Edafoclimáticas.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS	
Ubicación del experimento	12
Diseño del experimento.....	13
Actividades para el establecimiento del estudio.....	14
Inoculación.....	14
Variables evaluadas	14

Análisis estadístico.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
Incidencia.....	17
Severidad.....	18
Efecto de los subproductos de Crucíferas Sobre el Crecimiento del Cultivo de Tomate.....	19
Rendimiento.....	23
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A. Síntoma del marchitamiento vascular causado por <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i> en una planta de tomate; B. Síntoma en detalle de la obstrucción del xilema; C. Síntoma detallado de la enfermedad en la base de una planta de tomate; D. Macroconidios de <i>F. oxysporum f. sp. lycopersici</i> . Cortesía de Juan Manuel Pineda y Agustín Calderón.....	7
Figura 2. Establecimiento del experimento.....	12
Figura 3. Escala de maduración de frutos de tomate de escala 1-6 (Vellsam, 2017)	15
Figura 4. Porcentaje de plantas con síntoma de <i>Fusarium Oxysporum</i>	17
Figura 5 Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto de la severidad en el cultivo de Tomate infectadas con <i>Fusarium sp</i>	18
Figura 6. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto en la Conductancia Estomática en el cultivo de Tomate infectadas con <i>Fusarium sp</i>	19
Figura 7. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto en la altura de planta y Longitud de Entrenudos en el cultivo de Tomate infectadas con <i>Fusarium sp</i>	20
Figura 8. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto en el Diámetro De Tallo sobre el Crecimiento en el cultivo de Tomate infectadas con <i>Fusarium sp</i> ...	21
Figura 9. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto en el tamaño de la hoja en el cultivo de Tomate infectadas con <i>Fusarium sp</i>	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.....	13
Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento o productividad de tomate infectado con <i>Fusarium oxisporum</i>	23
Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre la calidad de fruto de tomate infectado con <i>Fusarium oxisporum</i>	24

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue; Evaluar la capacidad supresora a *Fusarium sp*, de subproductos a base de crucíferas en el cultivo de tomate. Se evaluaron tres subproductos (Polvo deshidratado, extracto acuoso y extracto etanólico), obtenidos de hojas y tallos residuales o esquilmos de Brócoli, Repollo y Coliflor, y se compararon con un testigo absoluto (Suelo esterilizado), testigo normal (suelo sin esterilizar), suelo sin esterilizar + inóculo de *fusarium* (Fo), testigo comercial (suelo sin esterilizar + Metil ditiocarbamato de sodio). Se evaluó; incidencia y severidad de *Fusarium*, y el efecto sobre el crecimiento, productividad y calidad del cultivo de tomate. Los resultados obtenidos muestran que; Los extractos etanólico, acuoso y polvos deshidratados de brócoli, coliflor y repollo, suprimieron el desarrollo de *Fusarium oxisporum* en el cultivo de tomate, debido a que redujeron la incidencia y severidad, además favorecieron el desarrollo del cultivo el rendimiento y la calidad del fruto. Por lo tanto, los subproductos de residuos de brócoli, coliflor y repollo, representan una alternativa al control químico para el biocontrol de *Fusarium*, y en general los residuos de coliflor y brócoli como fuente para la obtención de subproducto parecen ser la mejor opción.

Palabras Clave: Biocontrol, Biofumigación, Inocuidad.

INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más importante en el mundo, constituye el 30% de la producción hortícola, con alrededor de 2.9 millones de hectáreas sembradas y 72, 744,000 toneladas de frutos cosechados. Los países en vías de desarrollo contribuyen de manera significativa a la producción mundial con aproximadamente 47, 283,600 toneladas, que representan el 65% de dicha producción, Europa y Norteamérica contribuyen con el resto (Cabrera, 2004).

Fusarium oxysporum f. sp es una de las enfermedades más importantes que afectan los cultivos, particularmente al tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), se manifiesta como una marchitez vascular, causando pérdidas en los rendimientos de hasta un 60%, afectando también la calidad del producto (González, I., Yailén, A., & Peteira, B. 2012). Los *Fusarium* causantes de marchitez siguen un patrón similar de infección; penetran por la raíz y colonizan el sistema vascular en el tallo de las plantas (Rodríguez, D. A., & Montilla, J. O. 2002).

Para el control de esta enfermedad lo más común es utilizar tratamientos con fumigantes como metam sodio, 1,2,3 Dicloropropeno y fungicidas sistémicos como los benzimidazoles, que incluyen el benomil, carbendazim, tiabendazol, y tiofanato (Villa-Martínez, et al., 2015). Estos productos conllevan un gran impacto, no solo económico sino un gran impacto ambiental. Una alternativa eficaz y amigable con el medio ambiente, es el uso del biocontrol el cual incluye diversos mecanismos de acción contra patógenos como; el uso de resistencia genética (Ascencio-Álvarez, et al., 2008), la biofumigación (Sánchez, A. D. 2018, Civieta-Bermejo, et al, 2021),

En este trabajo se evaluó una alternativa relacionada a la biofumigación, mediante el uso de sustancias naturales con propiedades antagonistas a patógenos especialmente del suelo, obtenidas de residuos de crucíferas o brassicas, debido a que poseen propiedades antimicrobianas, relacionada con el alto contenido de compuestos azufrados en sus tejidos denominados glucosinolatos (Brown, J. y Morra, M. J. 2005). Los glucosinolatos son compuestos azufrados contenidos en la vacuola (Krikegaard y Sarwar, 1998). La enzima glucohidrolasa tioglucósido (mirosinasa) presente en la pared celular hidroliza a estos compuestos y los transforma en los compuestos volátiles tóxicos, como

isiotiocianatos, nitrilos, tiocianatos, tio-oxazolidinas y epitionitrilos; dependiendo de la especie de crucífera (Brown y Morra, 2005). La forma más común de utilizar esta técnica de biofumigación es la rotación con crucíferas, sin embargo, en sistemas intensivos como la agricultura protegida, no es viable realizar la rotación de cultivos, por esta razón se propone evaluar subproductos acuosos, etanólicos y polvo deshidratados obtenidos de residuos o esquilmos de brócoli, coliflor y repollo, como una alternativa para estos sistemas de producción.

Se eligió el cultivo de tomate, porque es la primera hortaliza producida en México, con un crecimiento de 3.6 por ciento entre 2007 y 2017, para ubicarse en un máximo histórico de 3.47 millones de toneladas. En ese período, la superficie cultivada en campo abierto se redujo a una tasa promedio anual de 5.9 por ciento, al pasar de 64,663 a 35,175 hectáreas, mientras que la superficie establecida con agricultura protegida (malla sombra e invernadero) pasó de 1,973 a 15,198 hectáreas (FIRA, 2019).

Objetivo general

Evaluar subproductos de brócoli, coliflor y repollo para el biocontrol de *Fusarium oxysporum* f. sp en el cultivo de tomate.

Objetivos específicos

- Evaluar la efectividad biológica de los extractos y el polvo en el cultivo de tomate infectadas con *F. oxysporum*.
- Identificar el o los subproductos que presenten mayor funcionalidad en las variables evaluadas.

HIPÓTESIS

La aplicación de subproductos de crucíferas suprimirá a *Fusarium oxysporum* f. sp, además de mejorar las variables agronómicas en el cultivo de tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Biocontrol

El biocontrol representa una alternativa atractiva para el futuro debido a las muchas preocupaciones sobre el uso de pesticidas (Lewis, J. A., & Papavizas, G.C. 1991). El biocontrol actualmente ocupa un lugar importante dentro de las prácticas de manejo de enfermedades de las plantas causadas por los patógenos fúngicos del suelo, principalmente de los géneros *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium*, *Phytophthora* y *Fusarium* entre otros (Stefanova et al, 1999). El biocontrol de patógenos en el suelo, puede definirse como un sistema (Sandoval-Rangel, 2019), debido a que incluye diversos mecanismos de acción contra patógenos como; el uso de resistencia genética (Ascencio-Álvarez, et al., 2008), la biofumigación (Sánchez, A. D. 2018, Civieta-Bermejo, et al, 2021), el uso de microorganismos antagónicos competitivos (Dávila Medina, M. D., et, al, 2013) y el fortalecimiento del sistema de defensa endógeno de las plantas (Ojito-Ramos, K., & Portal, O, 2010).

Biofumigación

Se define la biofumigación como "la acción de las sustancias volátiles producidas en la biodegradación de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas" (Bello et al. 2000). La técnica incrementa su eficacia en el tiempo cuando forma parte de un sistema de producción integrada. Se ha encontrado que, por lo general, cualquier materia orgánica puede actuar como biofumigante, dependiendo su eficacia principalmente de la dosis y del método de aplicación. La biofumigación es una técnica fácil de aplicación por agricultores y técnicos, pues sólo se diferencia de la aplicación de materia orgánica en la elección del biofumigante, que debe estar en vías de descomposición y en el método de aplicación, que debe tener en cuenta la necesidad de retener al menos durante dos semanas los gases biofumigantes producidos en la biodegradación de la materia orgánica, ya que su efecto en la mayoría de los casos no es biocida sino biostático, por lo que es necesario prolongar en el tiempo su acción sobre los patógenos. Se ha podido constatar, también, un marcado efecto herbicida (Bello, et, al, 2000).

Acción Biofumigante de las Crucíferas o Brassicas

Diferentes especies de Brassicas se utilizan como biofumigantes debido a que poseen propiedades antimicrobianas, relacionada con el alto contenido de compuestos azufrados en sus tejidos denominados glucosinolatos (Krikegaard y Sarwar, 1998). La enzima glucohidrolasa tioglucósido (mirosinasa) hidroliza a estos compuestos y los transforma en los compuestos volátiles tóxicos isotiocianatos, nitrilos, tiocianatos, tio-oxazolidinas y epitionitrilos; dependiendo de la especie de crucífera (Brown y Morra, 2005). Cada especie de crucífera tiene diferentes clases y concentraciones de glucosinolatos (Rosa, 1997; Brown y Morra, 2005; Campas-Baypoli et al.,2009; Rodríguez et al.,2013), los cuales se mantienen inclusive en residuos deshidratados (Lazzeri y Dallavalle, 2004). La eficacia de los residuos de diferentes plantas del género Brassica incorporados al suelo para la supresión de *Fusarium* spp., ha sido documentada en campo (Gilardi et al., 2016; Prasad y Kumar, 2017; Campanella et al.,2020).

Fusarium

El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y plantas, pueden causar infecciones sistémicas en pacientes inmunocomprometidos, con una alta mortalidad. Algunas de sus especies producen toxinas que afectan al hombre y animales. De las más de 100 especies de *Fusarium* descritas, sólo 12 de ellas pueden considerarse patógenas para el humano, entre ellas destacan *F. solani*, *F. oxysporum* y *F. verticilloides*, en orden decreciente de frecuencia (Tapia, C., & Amaro, J. 2014).

La especie tiene la capacidad de atacar un gran número de plantas de importancia agrícola y ocasiona principalmente marchitamientos vasculares, seguidos de la muerte de la planta (Nelson, 1981).

Fusarium Oxysporum

La especie *Fusarium oxysporum* ataca diversos tipos de plantas económicamente importantes en distintos países y en diferentes regiones, causando marchitamientos vasculares y muerte de las plantas (Torres, G. A. 2000). La especie *Fusarium oxysporum* se caracteriza por producir distintas formas especiales, las cuales no se pueden diferenciar por su morfología o por las características culturales de las colonias, pero son fisiológicamente diferentes por su capacidad de parasitar y ocasionar enfermedades en plantas hospedantes específicas (Nelson, 1981).

El hongo produce tres clases de esporas:

Microconidias: Esporas generalmente unicelulares sin septas, hialinas, elipsoidales cilíndricas, rectas o curvadas; se forman sobre fiálides laterales, cortas, simples o sobre conidióforos poco ramificados. Las microconidias tienen 5- 12 μm de largo por 2.5- 3.5 μm de ancho (Nelson, 1981).

Macroconidias: Esporas de paredes delgadas, fusiformes, largas, moderadamente curvadas en forma de hoz, con varias células y de 3 a 5 septas transversales, con la célula basal elongada y la célula apical atenuada; las macroconidias tiene un tamaño de 27 a 46 μm de largo por 3.0 a 4.5 μm de ancho (Nelson, 1981).

Clamidosporas: Esporas formadas a partir de la condensación del contenido de las hifas y de las conidias, de paredes gruesas. Se forman simples o en pares, terminales o intercalares: poseen un tamaño de 5 a 15 μm de diámetro (Nelson, 1981). Gracias a ellas el hongo sobrevive en condiciones ambientales desfavorables y en el suelo como saprófito de vida libre en ausencia de plantas hospedantes (Garret, 1977).

Síntomas de *Fusarium Oxysporum*

La enfermedad se caracteriza por la aparición unilateral de los síntomas de marchitamiento, acompañada del amarillamiento parcial de las hojas y el doblamiento de los brotes hacia el lado de la planta enferma, a causa de la interferencia en el crecimiento; en estados iniciales en las hojas puede observarse la mitad clorótica y la mitad de un color verde normal. Se observa además un enanismo de los brotes y disminución del

crecimiento de la planta. Los síntomas de la enfermedad avanzan afectando la planta hacia arriba hasta causar un marchitamiento generalizado y la muerte (De Granada, et al, 2001).

***Fusarium* en tomate**

Cuando este patógeno ataca plántulas ocasiona mal del talluelo, que es favorecido por la carencia de lignina en el tallo, lo que las hace más susceptibles, permitiendo que el patógeno alcance rápidamente los vasos de la xilema, causando la destrucción y el colapso del tejido (Agrios, 2005).

El tejido vascular de una planta enferma se torna de color pardo oscuro, siendo más notable en el punto de unión del pecíolo con el tallo. Este color es característico de la enfermedad y se emplea para su identificación; la médula permanece sana y, ocasionalmente, ocurre infección en el fruto, que se puede detectar por la decoloración del tejido vascular dentro de él (Vásquez-Ramírez et, al, 2017).

Cuando el hongo ataca a plantas adultas, la enfermedad se conoce como marchitez vascular. Las plantas muestran amarillamiento, que comienza por las hojas bajas y, por lo general, mueren, la base del tallo adquiere un color oscuro y los haces vasculares se tornan de color pardo oscuro (Vásquez-Ramírez et, al, 2017). Una o varias ramas pueden mostrar síntomas; en ocasiones, las hojas presentan marchitez en los folíolos de un lado del pecíolo, mientras que los del lado opuesto se ven sanos. La marchitez del follaje es más notable después de la floración y cuajamiento de los frutos y durante los períodos más calurosos del día. Los síntomas son exacerbados por temperaturas altas, alrededor de 28°C, por pH bajo del suelo y uso de fertilizantes amoniacales (Mc Govern & Datnoff, 1992).

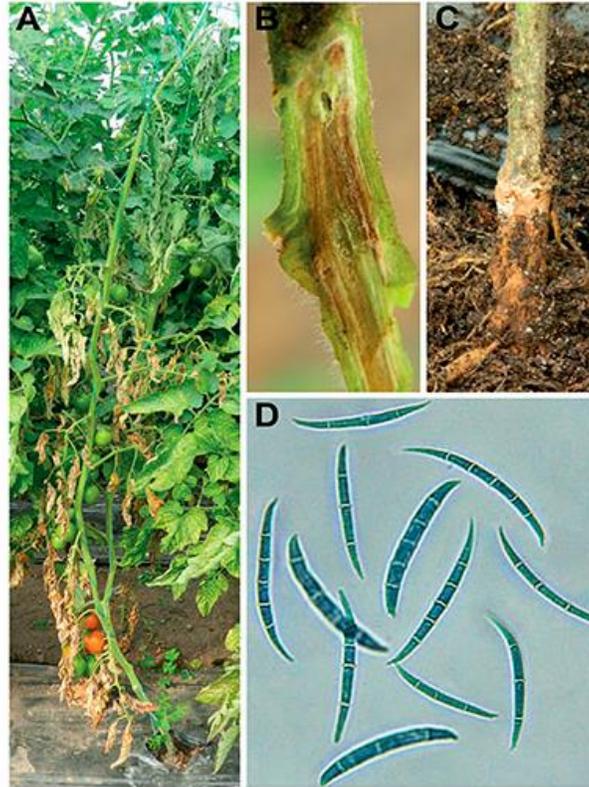


Figura 1. A. Síntoma del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en una planta de tomate; B. Síntoma en detalle de la obstrucción del xilema; C. Síntoma detallado de la enfermedad en la base de una planta de tomate; D. Macroconidios de *F. oxysporum f. sp. lycopersici*. Cortesía de Juan Manuel Pineda y Agustín Calderón.

Generalidades del Cultivo del Tomate

El tomate (*Solanum lycopersicon* Mill) es uno de los cultivos más importantes de México y del mundo, tanto por su importancia económica como por ser fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, Los minerales que contiene son calcio, fósforo, potasio y sodio y las vitaminas que contiene son A, B1, B2, y C. Además, tiene propiedades medicinales entre las que destacan las siguientes: antiséptico, alcalinizante, depurativo, diurético, digestivo, laxante, desinflamatorio y remineralizante (SAGARPA,2020). El tomate es la hortaliza más consumida, difundida y con el mayor valor económico en México. Actualmente la demanda aumenta continuamente y con ello la extensión del cultivo bajo invernadero, la producción y el comercio. Así mismo, es una de las hortalizas que

generan más divisas para el país, ya que cerca de 30% de la producción nacional se exporta, principalmente a los Estados Unidos, por lo que su cultivo depende significativamente del comportamiento del mercado internacional (Jaramillo, et al., 2007).

Producción de Tomate

La producción de tomate, es una práctica que utilizan la mayoría de los agricultores que se dedican al cultivo, la cual es afectada por factores climatológicos, alto empleo fertilizantes químicos y poco conocimiento de la utilización de los biofertilizantes, problemas que retrasan la calidad y el ciclo de producción de las plántulas, proporcionando afectaciones en la producción de tomate. Es conocido que la utilización de plántulas desde el establecimiento inicial del cultivo, es esencial para el éxito de la producción (Calero, A., et, al, 2019). La producción de plántulas para trasplante en recipientes se ha incrementado en los últimos años debido a las grandes ventajas que representa este sistema de producción con respecto a la producción de plántula a raíz desnuda. Las plántulas producidas en recipientes son más precoces y uniformes que las producidas en el campo. Su crecimiento puede controlarse fácilmente a través del manejo de la luz, los riegos y nutrientes (Cerny et al., 2004).

Con el fin de asegurar una mejor germinación y pureza del semillero, se recomienda usar semilla certificada. Cuando se hace uso de semillas comerciales, es necesario conocer a través de su ficha técnica datos sobre la calidad en términos del híbrido o variedad, la pureza y el número de lote en donde provienen, las semillas tratadas son un componente de manejo de plagas y enfermedades que aportan en relación con la disminución de la cantidad de insumos utilizados en el sistema. Los productores preferiblemente debieran aplicar criterios de selección de semillas partiendo de pruebas de materiales (variedades o híbridos) realizadas en zonas o centros de investigación. Para seleccionar la semilla hay que tener en cuenta aspectos como clima, resistencias, características requeridas en la demanda del producto en poscosecha, comercialización, entre otros (PARRADO, C. 2004).

Ventajas de la producción en el Cultivo de Tomate:

Mejor planificación de siembras. Conociendo la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar, permite una mayor planificación de las siembras en campo.

Ahorro de semillas. En un semillero tradicional se requiere utilizar aproximadamente un porcentaje más de semilla de la que se va a sembrar en campo para obviar las pérdidas causadas por mala germinación y calidad de las plántulas.

Desarrollo uniforme. Debido a que la densidad de siembra es constante, se obtiene un desarrollo uniforme de la plántula para su siembra en el campo. Generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de tierra, agua, luz y nutrientes y su raíz sólo puede crecer hasta el final del cono.

Calidad de plántulas. Cada planta puede alcanzar un óptimo desarrollo de raíces principales secundarias ya que cada una tiene su propio espacio de crecimiento sin necesidad de estar compitiendo con las demás

Desarrollo radicular dirigido. Las cinco (5) venas verticales en cada cono permiten un excelente desarrollo radicular con bastantes raicillas secundarias sin espirulamiento. Las raíces, al chocar con las venas del cono, se dirigen hacia abajo siguiendo paralelamente la vena hasta el final de cono o tubete. Este comportamiento de la raíz evita que la plántula se ahorque entre sus raíces. Esta raíz con desarrollo vertical, sujeta y ancla muy bien la plántula al trasplantarse a campo.

Ahorro de área de vivero. Con la utilización de bandejas se emplea menos área de vivero y se reducen los costos de riego, debido a que las plántulas se organizan más fácilmente en los surcos y caben más por metro cuadrado, y así mismo optimizar el espacio dentro del invernadero.

Ahorro de sustrato. La cantidad de sustrato para llenar las bandejas es muy inferior comparado con el requerido en los semilleros tradicionales. Igualmente, la cantidad de sustrato que hay que desinfectar es menor. El llenado es fácil y rápido por su diseño compacto y rígido.

Fácil remoción. Por su diseño en cono, es muy fácil extraer la plántula al momento del trasplante o siembra final, sin destrucción de raíces, lo que disminuye el porcentaje de plantas en el campo.

Bandejas Higiénicas y esterilizables. Las bandejas pueden ser desinfectadas con una solución diluida de hipoclorito de sodio o yodo agrícola al 5% para el cual tiene como objetivo la reducción del contagio de hongos y bacterias. Aumento en la rotación del cultivo y de áreas en campo teniendo en cuenta la calidad y el excelente desarrollo de las plántulas, y la conservación de las raíces al momento del trasplante, la plántula se desarrolla más rápidamente en campo porque no tiene que restituir sus raíces perdidas, lo que acelera su crecimiento y disminuye su ciclo vegetativo en campo, esto se traduce en mayor utilidad y productividad y ahorro de energía y nutrientes del cultivo (Abril Estupiñán, M. D. P. 2017).

Condiciones edafoclimáticas

Altura sobre el nivel del mar: 0 y 1,500 m.s.n.m

Temperatura: Entre 15 y 25°C.

Humedad relativa: 60 y 85%,

Requerimiento Hídrico: Precipitaciones entre 1.500 y 2.500 mm/año, bien distribuidas.

Tipo de Suelo: Suelos profundos de textura franca.

Rango de pH: Se adapta bien a pH ácido entre 6 y 7.

Observaciones: Alta susceptibilidad a las heladas, al exceso de agua y a la falta de luz.

Suelo

La producción de tomate se realiza bajo invernadero o al aire libre. Bajo condiciones de invernadero, no es exigente en cuanto a suelos, pero sí requiere de un buen drenaje, por lo que es importante construir canales que eviten la acumulación de agua en el suelo. Requiere de un alto contenido de materia orgánica y suficiente agua. Es importante tener en cuenta que el tomate debe disponer de suelos bien aireados con la capacidad de almacenar agua, aunque prefiere suelos sueltos con textura franca y altos contenidos de

materia orgánica. El pH debe oscilar entre 6 y 7. La conductividad eléctrica óptima está entre 1,5 y 20 dS/m. La productividad y sostenibilidad de los suelos dependen de un manejo adecuado de las propiedades físicas (textura, densidad, porosidad, entre otras), las cuales determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas (de Bogotá, C. D. C. 2015).

Condiciones climáticas

El tomate es una hortaliza de clima cálido y moderado, susceptible a heladas y temperaturas bajas. Crece en temperaturas de entre 20 a 25°C en el día y de 15 a 20 °C en la noche, favoreciendo así el desarrollo normal de los procesos bioquímicos, el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación. Bajo invernadero la temperatura mínima para la producción de tomate es de 8-12°C. Temperaturas inferiores y prolongadas debilitan la planta generando progresiva decadencia o muerte. La temperatura máxima no debe superar los 32° C, ya que a temperaturas superiores se estimulan los procesos bioquímicos y la toma de nutrientes, siendo excesivos y agotadores para la planta; además, con las altas temperaturas se presentan desórdenes fisiológicos, se detiene la floración y la planta puede morir (de Bogotá, C. D. C. 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó durante el periodo de junio a noviembre del 2021, en un invernadero ubicado en la colonia la Esperanza, Calle principal #2010.

Coordenadas GPS:

Longitud: -100.835556

Latitud: 24.904167

La localidad se encuentra a una mediana altura de 2090 m sobre el nivel del mar.

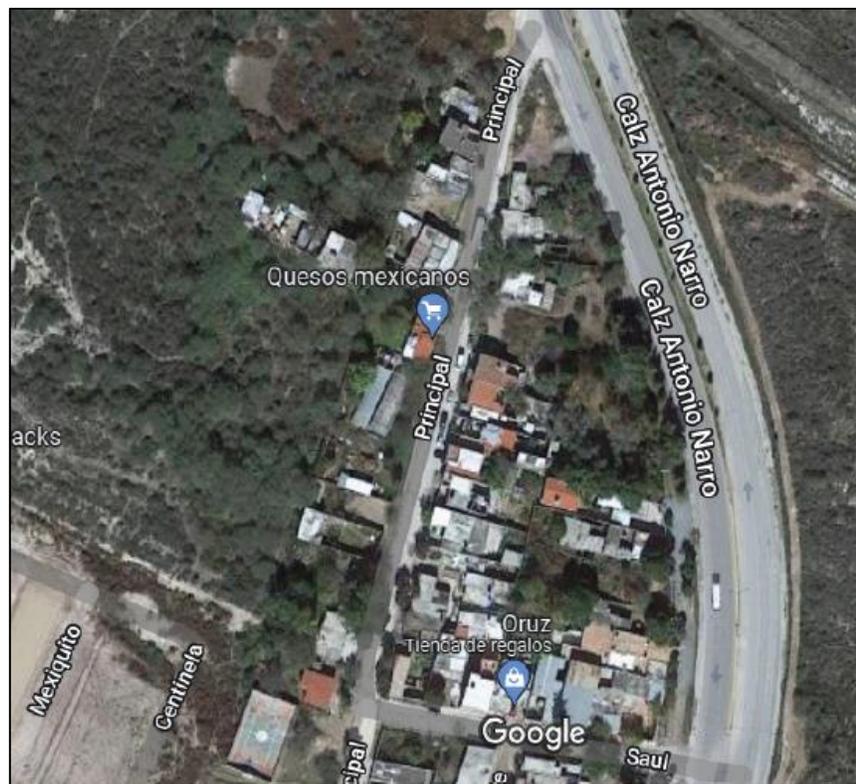


Figura 2. Establecimiento del experimento

Diseño del Experimento

Se evaluaron 3 subproductos (Extracto etanólico, extracto acuoso y polvo deshidratado), obtenidos de hojas y tallos de 3 diferentes Crucíferas o brassicas (Brócoli, coliflor y o repollo) y se compararon con un testigo absoluto, un testigo comercial y un testigo con inculo (Tabla 1). Los tratamientos se evaluaron en 10 repeticiones, en un diseño completamente al azar. Cada repetición consto de una maceta de 10 L, con suelo como medio de cultivo.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en la prueba de efectividad biológica en cultivo.

No.TRATAMIENTO	DESCRIPCION
1	Testigo Absoluto (Suelo esterilizado)
2	Testigo con inculo (Suelo sin esterilizar + inculo de Fo)
3	Testigo Comercial (Suelo sin esterilizar + BUSAN)
4	Extracto Acuoso Coliflor + Fo
5	Extracto Acuoso Brocoli + Fo
6	Extracto Acuoso Repollo +Fo
7	Extracto Etanolico Coliflor +Fo
8	Extracto Etanolico Brocoli + Fo
9	Extracto Etanolico Repollo + Fo
10	Polvo Coliflor + Fo
11	Polvo Brocoli + Fo
12	Polvo Repollo + Fo

En cada maceta se colocó una planta de tomate tipo saladette indeterminado El Cid F1, de la empresa Harrys Moran seed. La semilla de El Cid F1, cita en su etiqueta tolerancia a *Fusarium* raza1, 2 y 3. Va, Ma, Mi, Mj, ToMV (Harris Moran, 2019).

Actividades para el establecimiento del Cultivo

Los tratamientos con polvo se aplicaron al suelo, previo al trasplante, a la dosis de 1.0 g.L⁻¹. Los extractos se aplicaron al follaje a una dosis de 15.0 cc.L⁻¹ de un concentrado. El concentrado se obtuvo a partir del polvo deshidratado a una relación de 1 g de polvo por 50 cc de solvente (agua destilada o metanol).

Inoculación

El inóculo se produjo dejando crecer el patógeno en cajas Petri con medio PDA (dextrosa 20 g L⁻¹, infusión de papa 4 g L⁻¹ y agar 15 g L⁻¹) durante 15 días a 28°C. Transcurrido el tiempo, se tomaron las cajas Petri y se cortó el micelio en discos de 8 mm, se tomaron entre 10 y 14 discos y se introdujeron en un tubo de centrifuga con 15 mL de agua destilada estéril, se agitó en vortex. Posteriormente se realizó un conteo de esporas en una cámara de Neubauer para ajustar a una concentración de 1x10⁶ esporas mL⁻¹.

La inoculación se llevó a cabo con una solución ajustada a 1x10⁶ esporas o conidias por mL; De esta solución se tomó un mililitro y se aforó a 50 ml con agua destilada, posteriormente se aplicó a las macetas a las cuales previamente, se les realizaron 3 cortes verticales sobre el sustrato a un cm del tallo, con el propósito de formar heridas en la raíz y favorecer la infección de las plantas.

Variables de Respuesta

Las variables de respuesta evaluadas fueron las siguientes:

Incidencia. Medida como el número de plantas con de síntomas de *Fusarium* (Amarillamiento de hojas, marchitez parcial, marchitez total o plantas muertas).

Severidad. Se evaluó mediante una escala visual, utilizando la escala propuesta por Diener y Ausubel (Diener & Ausubel, 2005). La cual se describe a continuación: 0= planta muerta (100%); 1= hojas viejas muertas y hojas jóvenes con crecimiento detenido (80%); 2= hojas viejas cloróticas y hojas jóvenes con crecimiento detenido (60%); 3= hojas viejas

con clorosis vascular y hojas jóvenes con crecimiento detenido (40%); 4= peciolo de hojas con crecimiento detenido (20%); 5= sin síntomas visibles (0%).

Variables Agronómicas

Las variables agronómicas fueron medidas cada 15 días.

Conductancia Estomática. Como una medida indirecta de la fotosíntesis se midió conductancia estomática con un Porómetro de Hoja Marca Decagon Modelo SC-1. Para ello se eligieron las hojas de la parte superior del racimo en desarrollo o próximo a cosecha.

Altura, longitud de entrenudos y diámetro de tallo. La altura y longitud de entrenudos se realizó con un flexómetro y el diámetro con un vernier digital marca Autotec®.

Largo y ancho de hojas: Se midió la hoja arriba del racimo con mayor desarrollo, con una regla graduada.

Rendimiento de Tomate

Número y Peso de Frutos por Planta. Se cortaron los frutos en grado de maduración 4 y en cada corte se contó y peso el número de frutos.

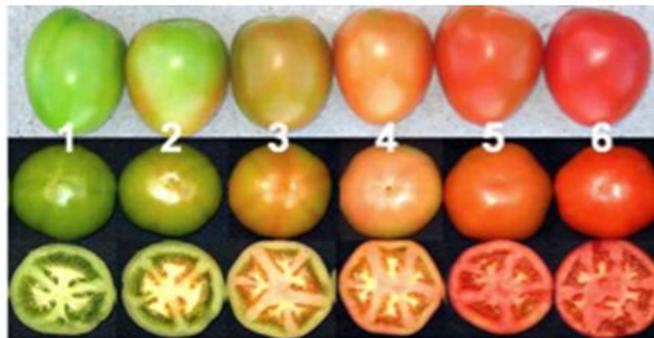


Figura 3. Escala de maduración de frutos de tomate de escala 1-6 (Vellsam, 2017)

Calidad física del fruto. De cada corte se seleccionaron 3 frutos, a los cuales se les midió; diámetro polar y ecuatorial con un vernier. El peso promedio se obtuvo de dividir el peso de los frutos entre el número de los mismos. La firmeza se midió la parte media del fruto con un penetrómetro Marca Speer y el contenido de sólidos totales con un refractómetro marca Atago.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un software estadístico Estadística versión 2020., en el cual se realizó un análisis de varianza ANOVA ($P \geq 0.05$) y comparación de medias para las variables significativas Tukey ($P \geq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia y Severidad

Incidencia

La incidencia de *Fusarium*, medida como porcentaje de plantas con síntomas que van desde el amarillamiento de las hojas, hasta la muerte de la planta. En general todos los tratamientos tuvieron plantas con síntomas, siendo el testigo con inóculo el tratamiento con mayor porcentaje, mientras que los testigos absolutos (suelo esterilizado) y el testigo comercial (Busan), tuvieron la menor incidencia. También se observó que los subproductos mostraron cierto grado de supresión del Fo. (Figura 4). Esto pudo ser debido a que el suelo utilizado contenía inóculos de *Fusarium*, y en el caso del testigo donde se esterilizó el suelo la esterilización no fue suficiente o bien hubo una reinfestación durante el desarrollo del cultivo, dado que los movimientos de suelo infectado, son sus principales mecanismos de dispersión, además que *Fo* cuenta con la capacidad de sobrevivir por largos periodos en el suelo, debido a sus estructuras de resistencia denominadas clamidosporas, lo que vuelve inefectiva la rotación de cultivos a corto plazo (Daugovish, 2008).

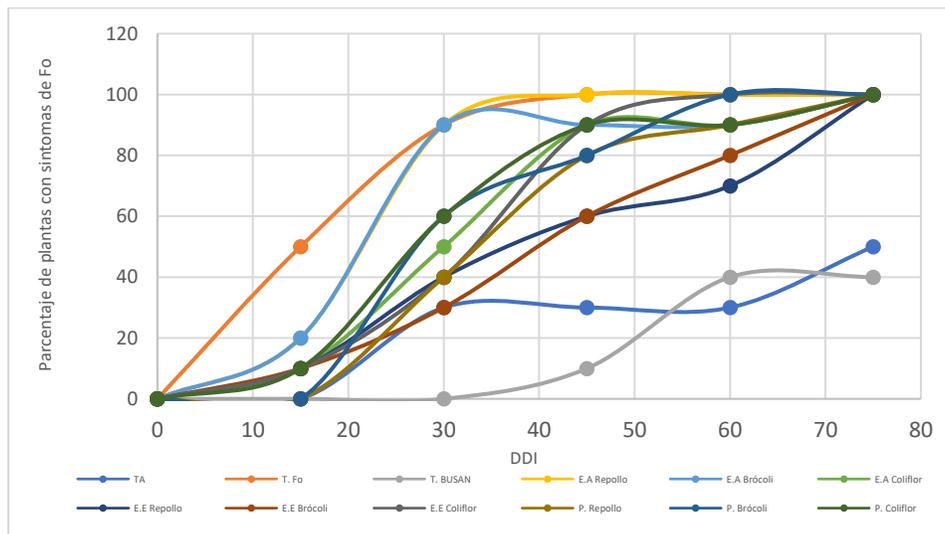


Figura 4. Porcentaje de plantas con síntoma de *Fusarium Oxysporum*.

Severidad

La severidad fue evaluada solo como porcentaje de plantas muertas, debido a la dificultad para determinar si el amarillamiento de las hojas fue debido a *Fo* u otro factor. La mayor cantidad de plantas muertas se tuvieron en el testigo inoculado (Figura 5). La alta mortandad en el testigo inoculado, pudo estar relacionada al incremento de la población exógena de *Fo* y al método de inoculación, dado que se trozaron raíces, previo a la aplicación del inóculo y los daños mecánicos a la raíz es la principal forma de penetración de *Fusarium* a las raíces de las plantas (Civieta-Bermejo, et al, 2021).

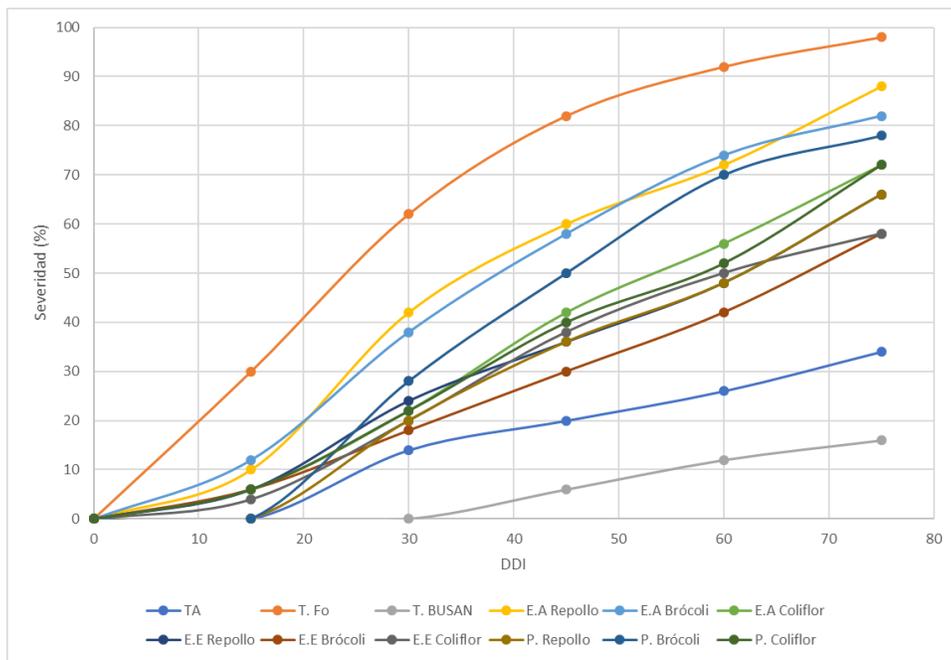


Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la severidad (Plantas muertas) de *Fusarium sp.* en el cultivo de Tomate.

Efecto de los subproductos de Crucíferas Sobre el Crecimiento del Cultivo de Tomate

De acuerdo con el análisis de varianza ($P \geq 0.05$) de los resultados, se encontraron diferencias entre los tratamientos de acuerdo con la variable de estudio. Sin embargo, no se observa un comportamiento que permita determinar si los tratamientos suprimieron *Fusarium*, y por lo tanto un efecto sobre el desarrollo del cultivo de tomate.

Conductancia Estomática

La conductancia estomática medida como $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fue afectada positivamente con la aplicación de los subproductos de crucíferas, también se observó, que los subproductos obtenidos de residuos de coliflor mostraron mayores valores de conductancia, en comparación con el testigo inoculado con *Fo* (Figura 6). La conductancia estomática de forma indirecta mide el grado de estrés hídrico de la planta (Azcon, 2008), al generarse una obstrucción de la xilema, por la colonización de *Fo*, que se traduce en una reducción del transporte de agua, por consecuencia la conductancia estomática disminuye (Azcon, 2008). Con base en los resultados obtenidos se puede deducir que las aplicaciones de productos suprimieron la colonización *Fusarium* o bien estimularon otros mecanismos de respuesta de la planta al estrés hídrico.

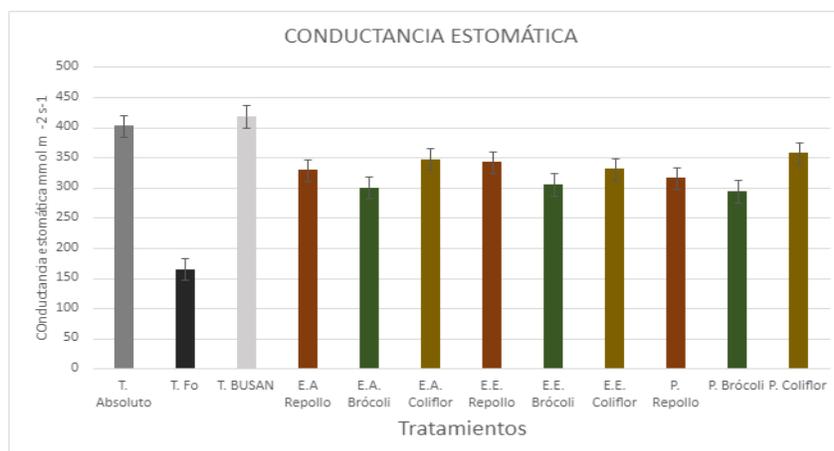


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la Conductancia Estomática de las plantas de tomate infectadas con *Fusarium sp.*

Altura de la Planta y Longitud de Entrenudos

Los subproductos de brócoli, repollo y coliflor aplicados para la supresión de *Fusarium sp.* en plántulas de tomate, muestran diferencias para las variables altura de la planta y la longitud de los entrenudos (Figura 7). Sin embargo, no se muestra una tendencia que permita determinar cuál subproducto o cultivo de origen del subproducto fue el mejor.

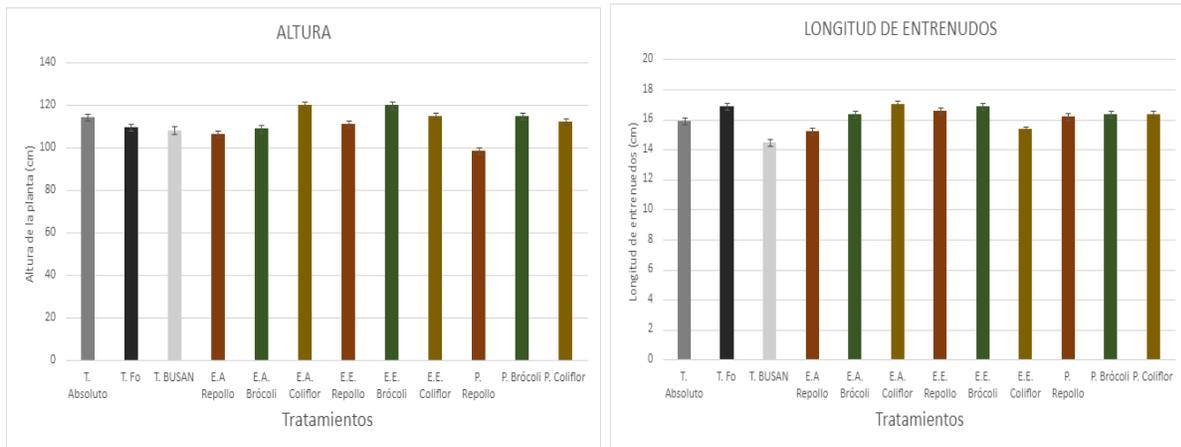


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la altura de planta y longitud de entrenudos de las plantas de tomate infectadas con *Fusarium sp.*

Diámetro de Tallo

Al igual que para la altura de la planta el diámetro de tallo, también fue diferente, pero no muestra una tendencia, que permita definir cuál fue el mejor subproducto o cultivo de origen (Figura 8). El diámetro de los tallos, es un indicador del crecimiento y vigor de las plantas, generalmente existe una relación directa entre el diámetro de tallo, la altura y el peso de la planta. Es importante resaltar que la mayoría de los subproductos y en particular los obtenidos de coliflor mostraron mayor diámetro de tallo, este incremento el diámetro de tallo, puede estar relacionado a un mecanismo de defensa de las plantas de tomate, cuando son afectadas en su zona radicular, las respuestas consisten la generación de raíces en el tallo por encima del tejido dañado (Sandoval-Rangel, 2021).

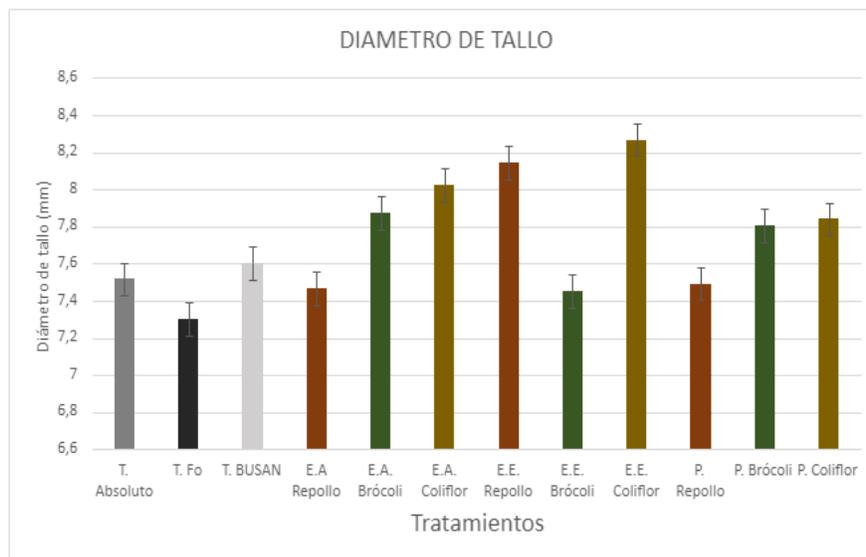


Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de tallo de las plantas de tomate infectadas con *Fusarium sp.*

Largo y Ancho de Hoja

El tamaño de la hoja fue afectado por la aplicación de los subproductos, pero al igual que la altura y diámetro de tallo, no muestran una tendencia o comportamiento que permita determinar cuál producto u cultivo de origen del subproducto sea mejor (Figura 9).

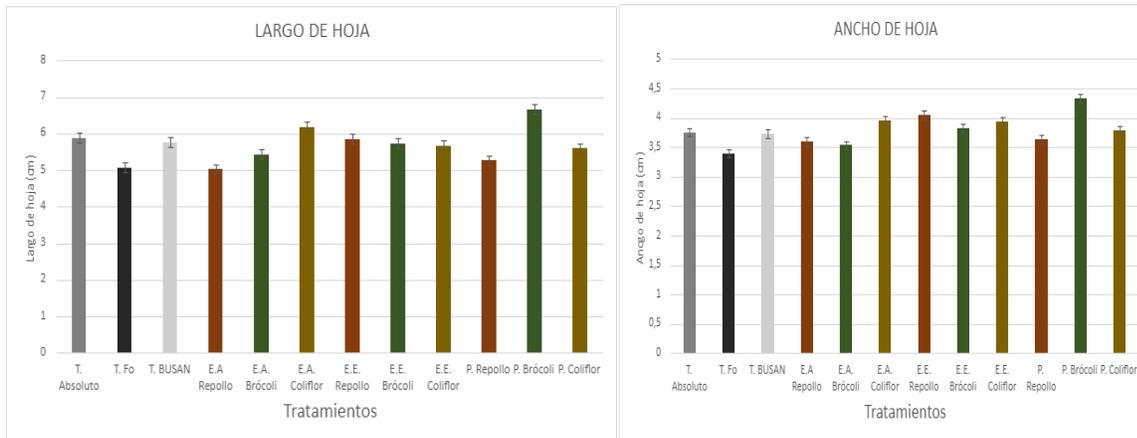


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre el tamaño de las hojas de plantas de tomate infectadas con *Fusarium sp.*

Rendimiento

Los subproductos obtenidos de brócoli, coliflor y repollo, afectaron el rendimiento de tomate infectado con *Fusarium oxisporum*. Se observó una relación directamente proporcional a la severidad del daño de Fo, medido como porcentaje de plantas muertas (Figura 5). En general se observó una supresión del daño de Fo, con la aplicación de los subproductos, aunque baja, debido probablemente a la forma en que se inocularon las plantas, en las cuales fueron cortadas la raíces e inmediatamente se aplicó sobre la herida el inóculo.

Respecto al cultivo de origen de los subproductos no se observó diferencia, sin embargo, el tipo de subproducto si, y la aplicación de polvos y extractos etanólicos aun y cuando fue baja si fue consistente (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento o productividad de tomate infectado con *Fusarium oxisporum*. (Cosecha hasta el 5to racimo).

TRATAMIENTO	Frutos Cosechados	Peso de Frutos (Kg)	de Reducción % en el Rendimiento
Test Absoluto	175 ab	18.23	29.32
Testigo +Fo	12 d	1.30d	94.95
Test Comercial	201 a	28.80 a	7.16
EA Brócoli	50 c	4.55 cd	82.36
EE Brócoli	125 b	13.16 b	48.98
Polvo Brócoli	75 bc	9.24 bc	64.15
EA Coliflor	75 bc	9.16 bc	64.47
EE Coliflor	138 ab	12.85 ab	50.16
Polvo Coliflor	76 bc	8.25 bc	67.02
EA Repollo	37.5 cd	3.18 cd	87.66
EE Repollo	141 ab	12.55 ab	51.32
Polvo Repollo	85 bc	9.93 bc	61.48

EA = Extracto Acuoso, EE = Extracto Etanólico. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística entre las medias (Tukey $P \geq 0.05$).

Calidad del Fruto

La calidad del fruto fue afectada por la aplicación del subproducto de crucíferas, se observó que para peso promedio diámetro de fruto el usar residuos de brócoli o coliflor son mejores que repollo, en forma de polvo deshidratado. Respecto a la firmeza y sólidos totales no se observó diferencia estadística (Tabla 3).

TRATAMIENTO	Peso Promedio (g)	Diámetro Polar (mm)	Firmeza kg/cm²	Sólidos Totales
Testigo Absoluto	104.2 bc	113.4 b	2.75	6.12
Testigo +Fo	108.5 b	111.3 b	2.51	5.64
Test Comercial	128.4 a	130.7 ab	2.80	6.25
EA Brócoli	91.0 bc	108.7 bc	2.22	5.19
EE Brócoli	105.3 b	116.8 bc	2.57	5.68
Polvo Brócoli	123.3 a	165.8 a	2.51	6.05
EA Coliflor	122.2 a	113.12 b	2.69	6.24
EE Coliflor	93.5 bc	110.4 b	2.75	6.40
Polvo Coliflor	110.0 b	113.4 b	2.66	6.01
EA Repollo	85.9 c	99.29 c	2.70	6.10
EE Repollo	89.7 c	105.59 b	2.70	5.85
Polvo Repollo	116.9 ab	128.5 a	2.70	5.79

EA = Extracto Acuoso, EE = Extracto Etanólico. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística entre las medias (Tukey $P \geq 0.05$).

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre la calidad de fruto de tomate infectado con *Fusarium oxysporum*.

CONCLUSIONES

Los extractos etanólico, acuoso y polvos deshidratados de brócoli, coliflor y repollo, suprimieron el desarrollo de *Fusarium oxisporum* en el cultivo de tomate, debido a que redujeron la incidencia y severidad, además favorecieron el desarrollo del cultivo el rendimiento y la calidad del fruto.

Por lo tanto, los subproductos de residuos de brócoli, coliflor y repollo, representan una alternativa al control químico para el biocontrol de *Fusarium*.

En general los residuos de coliflor y brócoli como fuente para la obtención de subproducto parecen ser la mejor opción.

LITERATURA CITADA

- Abril Estupiñán, M. D. P. (2017). Diseño del manual de procedimientos para la plantación de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill) en la empresa Plántulas de Colombia SAS, Sutamarchán Boyacá.
- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. Fifth Ed. Academic Press, Burlington. 635p.
- Ascencio-Álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S. A., Flores-Olivas, A., Jiménez-Díaz, F., & Gámez-Vázquez, A. J. (2008). Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 114-120.
- Azcón, B. J. y Talcon, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Mc Graw Hill. España.
- Bello, A., López-Pérez, J. A., & Díaz-Viruliche, L. (2000). Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. *Memorias del Simposium Internacional de la Fresa Zamora, México*, 24-50.
- Brown, J. y Morra, M. J. 2005. Glucosinolate-containing seed meal as a soil amendment to control plant pests:2000-2002. (No. NREL/SR-510-35254). National Renewable Energy Lab. Golden. CO (US). 199 p.
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K., Castro, I., & Jiménez, J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 67-78.

- Campanella, V.; Mandal, C.; Angileri, V. and Miceli, C. 2020. Management of common root rot and Fusarium foot rot of wheat using Brassica carinata break crop green manure. Crop Protection. 130:105073.
- Campas-Baypoli, O. N.; Bueno-Solano, C.; Martínez-Ibarra, D. M.; Camacho-Gil, F.; Villa-Lerma, A. G.; Rodríguez-Núñez, J. R. y Sánchez-Machado, D. I. 2009. En vegetales crucíferos. Archivos Latinoam. Nutrición. 59(1):95-100.
- Cerny, T. A., N. C. Rajapakse, J. R. Rieck. 2004 Height control of vegetable seedlings by greenhouse light manipulation. Journal of vegetable crop production. 10: 67-80.
- Civieta-Bermejo, B. F., Cabrera-De la Fuente, M., González-Morales, S., Mendoza, A. B., & Sandoval-Rangel, A. (2021). Residuos de repollo para biocontrol de Fusarium spp. en el cultivo de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (26), 95-104.
- Civieta-Bermejo, B. F., Cabrera-De la Fuente, M., González-Morales, S., Mendoza, A. B., & Sandoval-Rangel, A. (2021). Pruebas de efectividad de subproductos de brócoli para control de fusarium en tomate. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México
- Cuevas-Limón Yaiza De Guadalupe (2018). Pruebas de Efectividad de Subproductos de Col de Fusarium en Tomate. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.
- Dávila Medina, M. D., Gallegos Morales, G., Hernández Castillo, F. D., Ochoa Fuente, Y. M., & Flores Olivas, A. (2013). Actinomicetos antagónicos contra hongos

- fitopatógenos de importancia agrícola. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(8), 1187-1196.
- De Bogotá, C. D. C. (2015). Manual tomate.
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14307/Tomate.pdf>
- De Granada, E. G., De Amezquita, M. C. O., Mendoza, G. R. B., & Zapata, H. A. V. (2001). Fusarium oxysporum el hongo que nos falta conocer. Acta biológica colombiana, 6(1), 7-25.
- Diener, A. C., & Ausubel, F. M. (2005). Resistance to Fusarium oxysporum 1, a dominant Arabidopsis disease-resistance gene, is not race specific. Genetics, 171(1), 305-321.
- Diener AC y Ausubel FM. 2005. Resistance to Fusarium oxysporum 1, a dominant Arabidopsis disease-resistance gene, is not race specific. Genetics 171:305-321
- García-Ramos, Y., Galindo-Tovar, M. E., Murguía-González, J., Landero-Torres, I., & Leyva-Ovalle, O. R. (2018). Fertilización complementada con sílice en la resistencia del tomate a Fusarium oxysporum Schtdl. Agronomía Mesoamericana, 29(1), 42-55.
- Garret, S. D. 1977. Pathogenic root- infecting fungi. Cambridge press. 294p.
- González, I., Yailén, A., & Peteira, B. (2012). Aspectos generales de la interacción Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici-tomate. Revista de Protección Vegetal, 27(1), 1-7.<https://hmclause.com/?lang=es>
- Jaramillo, N. J., P. Rodríguez, V., M. Guzmán, A., M. Zapata, T. Rengifo, M. 2007. Manual Técnico Buenas prácticas agrícolas -BPA- en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. 331 p.

- Jiménez, J. D. L. C., Moreno, L. P., & Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96-109.
- Kirkegaard JA and Sarwar M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in plant glucosinolate profiles of diverse field grown brassicas. *Plant and Soil* 201:71-89.
- Larkin, R. P., & Fravel, D. R. (1998). Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant disease*, 82(9), 1022-1028.
- Lazzeri, L.; Curto, G.; Leoni, O. and Dallavalle, E. 2004. Effects of glucosinolates and their enzymatic hydrolysis products via myrosinase on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. *J. Agric. Food Chem.*
- Lewis, J. A., & Papavizas, G.C. (1991). Biocontrol de las enfermedades de las plantas: el enfoque para el mañana. *Protección de cultivos*, 10(2), 95-105.
- Lugo Martínez, M. G. (2011). Aplicación de *Bacillus* spp. para el control biológico de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *radicis-lycopersici* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Doctoral dissertation).
- MC Govern, R.J.; Dantnoff, L.E., 1992. *Fusarium* crown and root rot of tomato:reevaluation of management strategies. In: Vavrina, C.S. (Ed.), *Fla. Tom. Instit. Proc., Vegetable Crops Special Series, SS HOS 1 University of Florida-IFAS*, p.75-82.

- Nelson, P.E. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. p. 51-80. En M.E. Mace, A.A. Bell and E.H. Beckman (eds.). Fungal wilt diseases of plants. Academic Press. New York. 1981.
- Ojito-Ramos, K., & Portal, O. (2010). Introducción al sistema inmune en plantas. *Biotecnología vegetal*, 10(1).
- Parrado, C. y Buenas prácticas agrícolas en un sistema de producción de tomate bajo invernadero. En C. y. Parrado, Buenas prácticas agrícolas en un sistema de producción de tomate bajo invernadero (pág. 34). Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Pronata. 2004.
- Pineda-Pineda, J. et al. Respuesta del crisantemo a la aplicación foliar de metanol y fuente de nitrógeno en la solución nutritiva. *Terra Latinoam* [online]. 2010, vol.28, n.2 [citado 2022-03-16], pp.129-137. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2395-8030.
- Rodríguez, D. A., & Montilla, J. O. (2002). Disminución de la marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*.
- Rodríguez, M. K. A.; Monreal. C. T.; Huerta, D. J.; Soria, C. J. C. y Jarquín, G. R. 2013. Aporte de microorganismos benéficos por la incorporación al suelo de residuos deshidratados de col (*Brassica oleracea* var *capitata*) y su Efecto en el pH. *Rev. Mex. Fitopatol.* 31(1):29-44.
- Rosa, E. A. S. 1997. Daily variation in glucosinolate concentrations in the leaves and roots of cabbage seedlings in two constant temperature regimes. *J. Sci. Food Agric.*

SAGARPA, (2020). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

SAGARPA. (2018). Potencial del jitomate.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>.

Sánchez, A. D. (2018). Biocontrol de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, patógeno de suelo en cebolla con aislamientos nativos de *Trichoderma* de la región Patagónica Norte.

Sandoval-Rangel A. 2019. Biocontrol de patógenos del suelo. Conferencia. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 20 de febrero del 2020.

Santiago, J., & Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana*, 59-65.

Segura, Á. (2002). Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Dado que el acceso y el flujo de la información sobre investigaciones recientes en el área agrícola es restringida o de alto costo, el laboratorio periódicamente realiza seminarios, cursos de capacitación y talleres, que sean de acceso a estudiantes, productores, profesionales y público general, para actualizarlos en temas de interés mutuo y difundir información específica y de interés para el sector agrícola., 18.

Stefanova, M., Leiva, A., Larrinaga, L., & Coronado, M. F. (1999). Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp. para el control de hongos fitopatógenos del suelo. *Revista Facultad de Agronomía*, 16, 509-516.

- Tapia, C., & Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. Revista chilena de infectología, 31(1), 85-86.
- Torres, G. A. (2000). Algunos aspectos de los hongos del género *Fusarium* y de la especie *Fusarium oxysporum*. Agronomía colombiana, 17(1-3), 11-16.
- Vásquez-Ramírez, L. M., & Castaño-Zapata, J. (2017). Integrated disease management of fusarium wilt of tomato *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) WC Snyder & hn hansen: a review. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 20(2), 363-374.
- Vellsam. 2017. Evaluación de Brixtoner en el contenido de azúcares en tomate cherry en invernadero. Disponible en: <https://www.vellsam.com/es/blog/brixtoner-y-contenido-azucars-en-tomatecherry>
- 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.
- Zar Jerrold, H. (1996) Biostatistical Analysis. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle Ri