

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación De Subproductos De Crucíferas Para El Biocontrol De *Fusarium Oxysporum* En Plántulas De Tomate

Por:

KARLA BIBIANA MARTINEZ ROJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación De Subproductos De Crucíferas Para El Biocontrol De *Fusarium*
Oxysporum En Plántulas De Tomate

Por:

KARLA BIBIANA MARTINEZ ROJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal



Dra. Susana González Morales
Coasesor



Ing. Raul Gándara Huitrón
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 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

Karla Martinez

KARLA BIBIANA MARTINEZ ROJAS

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

ELOY MARTINEZ GONZALES & MARGARITA ROJAS ARREDONDO

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 MIS HERMANOS

ARELY LIZET MARTINEZ ROJAS & EDGAR GABRIEL MARTINEZ ROJAS

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 recordarles que en esta vida sueñen en grande y que luchan día a día para que puedan cumplir sus sueños, porque estoy segura de que lograrán todo lo que se propongan. ¡Son los mejores hermanos que la vida me pudo dar los adoro con todo mi corazón...!

A MIS ABUELOS

J. ISABEL MARTINEZ LUNA (+)

Te dedico este logro a ti mi ángel que estas en el cielo, que me dio parte de su vida, que estuvo y estará siempre en mi corazón, como mi tesoro más preciado, quiero decirte que hoy y siempre te tengo presente en cada instante de mi vida, en cada decisión y paso que doy. Antes de tu partida solías festejarme cada uno de mis logros, ahora que ya no estas trato de enfocarme en ser una persona mejor día con día, sé que de donde estas tu sigues cuidando de mí y quiero decirte que mientras estuviste en mi vida fuiste el mejor abuelo. En ocasiones la espera es larga, pero sé que en algún momento estaremos juntos de nuevo y me dirás que lo logre y es por eso por lo que soy y logre es por ti con mucho cariño y amor por siempre.

FRANCISCA GONZALES RODRIGUEZ

SALVADOR ROJAS MARTINEZ

MARIA ARREDONDO

Gracias por darme a los mejores padres, por tantos buenos momentos por todos esos consejos y sobre todo por esa fuerza, esos ánimos que siempre me brindaron para seguir adelante, y sobre todo por todo el amor que me han brindado a manos llenas, confié en dios que los tendré muchos años en mi vida para que me sigan alentando y sigan sintiéndose orgullosos de mí. Los adoro...

GABRIELA MARTINEZ GONZALES (+)

GREGORIA RODRIGUEZ (+) JESUS GONZALES (+)

ANTONIO MARTINEZ (+) GUADALUPE LUNA (+)

Mi feliz infancia paso con su compañía, con sus mágicas historias y cariño infinito. Ahora debo mirar el cielo para recordarlos. Gracias por tanto buenos momentos y recuerdos los quiero por siempre.

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 MATER

A mi grande institución la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, gracias por abrirme las puertas, siendo mi segunda casa y darme la oportunidad de formalizarme de manera profesional para seguir adelante en la vida, gracias por la oportunidad de sentir el orgullo de una gran institución con gran prestigio y ser un **Buitre de la Narro**.

A MI ASESOR, al Dr. Alberto Sandoval Rangel por haberme permitido trabajar en este proyecto, por inculcarme múltiples valores y aprendizajes y sobre todo por su gran amistad y cariño durante toda mi estancia en la universidad.

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

A MI COASESOR, Dra. Susana González Morales por su importante colaboración y orientación para fortalecer este trabajo.

A MI COASESOR, Ing. Raúl Gándara Huitrón por su amistad y su importante colaboración y orientación para fortalecer este trabajo.

A HILDA MAYELA ORTIZ ROSALES

Gracias por recibirme con los brazos abiertos desde el día uno que nos conocimos, por preocuparse por mí, por esos grandes consejos de vida, por todo el amor que me brindo en todo este tiempo que tenemos de conocernos. Gracias por convertirse en mi segunda mamá, con nada le pago todo lo que ha hecho por mí y espero que en cada paso de mi vida este presente y que este gran cariño dure para siempre.

A la **FAMILIA SANDOVAL ORTIZ**, Gracias por todos los buenos momentos que hemos compartido juntos, a mis adoradas niñas Alexa y Marisol por darme tantos momentos de felicidad y apoyo cuando más las necesite, estoy segura de que diosito me las va a cuidar siempre y que van a cumplir cada una de sus metas. ¡Las quiero demasiado...!

A la **FAMILIA RODRIGUEZ SANDOVAL**, Gracias por siempre apoyarme y alentarme en cada paso, por su gran amistad, gracias, Wendy por ser una muy buena amiga y estar en todos los momentos para mí y por toda la ayuda y cariño que siempre me brindaste gracias, Paco por ser un gran amigo y apoyarme siempre. Los quiero.

A LA FAMILIA MONTOYA ORTIZ, Gracias Eduardo y Cindy por la gran amistad que siempre me mostraron, por abrirme las puertas de su casa en más de una ocasión por todo el apoyo y cariño que me mostraron. Edy, Fer y Andy gracias por la amistad que me brindaron. Me quedo con muy bonitos recuerdos de su familia. ¡Los quiero...!

A LA FAMILIA TORRES ORTIZ, Gracias por la amistad y el cariño que me brindaron en todo este tiempo de conocerlos me quedo con muy bonitos recuerdos de ustedes. Los quiero.

A JUAN JOSE MARTINEZ GARCIA, Gracias por ser de las principales personas que siempre ha creído en mí que me ha apoyado de todas las maneras posibles para que pudiera cumplir mis sueños, por ser ese confidente, un mejor amigo; por seguirme cada locura por tantos buenos momentos que hemos podido compartir juntos y primero dios todo lo que nos falta por vivir. Gracias por ser de las personas que no solo está en las buenas conmigo si no en las malas y en todo momento, agradezco a dios por tenerte en mi vida, y sabes que siempre estaré para ti. ¡Te quiero por siempre primo!

A OSCAR MARTINEZ CABRERA, Gracias por estar conmigo en todo momento por ser la primera persona que creyó en mis sueños, con nada te puedo pagar lo bien que siempre te has portado conmigo y nunca voy a olvidar la gran persona que has sido conmigo y todo lo que has hecho por mí, eres una persona digna de admirar. Te quiero primo.

A MIGUEL MARTINEZ GONZALES, LEONARDO MARTINEZ GONZALES

LUZ ANTONIO MARTINEZ, Gracias por todo lo que han hecho por mí, aunque a veces hemos estado distantes saben que los quiero mucho y siempre te tengo en mis pensamientos con mucho cariño. Los quiero mucho.

A MIS TIOS Y TIAS: Isabel, Ignacio, Zoila, Francisco, Mary, Jesús, Vanesa, Juanis, Armando, Mary, Erik, Luis, Lidia, Chava, Ismael, Alicia, Francisco, Amalia, José, Guadalupe, Estela, Ismael Arriaga, Manuel, Rosa, Manuela.

A MIS PRIMOS: Antonio, Denis, Madelin, Alondra, Xitlali, Oscar Ignacio, Ángel, Matías, Kevin, Chabelita, Alexis, Alexander, Fátima, Gaby, Erik, Evelin, Ariadne, Armando Jr, Hasley, Luis, Gaby.

A MIS PRIMOS: Yovani, Erika, Joana, Rodrigo, Javier, Paloma, Abril, Mirella, Julián, Ismael Jr, Jairo, Aron, Zuly, Mary, Alex, Sayra.

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

Los Quiero Familia.

A ROBERTO JR CHAGOLLA GARCIA, Gracias por apoyarme en las buenas y malas situaciones y siempre estar a mi lado brindándome tu compañía, paciencia, tu comprensión y tu amor. Te quiero.

A TODOS MIS AMIGOS, Karen, Vale, Cris, Yesi, Dany, Zule, Maria de Jesus, Marisol; y a todos mis buenos amigos de licenciatura Gloria, Anita, Ale Elicerio, Kike, Checo, Óscar, Miriam, Ale valencia. Gracias por su amistad y apoyo. Los quiero.

ÍNDICE GENERAL

Declaración de no plagio.....	i
DEDICATORIAS	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos Generales.....	2
Objetivos Específicos	2
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Biocontrol.....	4
Biofumigación.....	4
Acción biofumigante de las crucíferas o Brassicas.....	5
<i>Fusarium</i>	5
<i>Fusarium Oxysporum</i>	6
Síntomas de <i>Fusarium Oxysporum</i>	6
<i>Fusarium en tomate</i>	7
Generalidades del cultivo de tomate.....	8
Producción de plántula de tomate	9
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Ubicación del experimento	13
Diseño del experimento.....	13
Actividades para el establecimiento del estudio.....	14
Producción de plántula.....	14
Transplante.....	15
Inoculación.....	15
Variables evaluadas	15
Análisis estadístico.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17

Incidencia.....	17
Severidad.....	18
Efecto de los tratamientos sobre el efecto de plántula.....	18
Efectos del cultivo de origen y tipo de subproducto sobre el crecimiento de las plántulas.....	20
Efectos de los subproductos de crucíferas sobre el crecimiento de la plántula de tomate.....	22
CONCLUSIONES.....	24
LITERATURA CITADA.....	25

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.....	8
Figura 2. Establecimiento del experimento.....	14
Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la incidencia de <i>Fusarium spp.</i> en plantas de tomate.....	17
Figura 4. Efecto de los Tratamientos Sobre el Crecimiento de la Plántula.....	19
Figura 5. Efecto del cultivo de procedencia de los subproductos sobre crecimiento de las plántulas de tomate infectadas con <i>Fusarium</i>	21
Figura 6. Efecto de los subproductos de crucíferas sobre el crecimiento de la plántula de tomate infectada con <i>Fusarium sp.</i>	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.....13

Tabla 2. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto de los tratamientos sobre el Crecimiento de las Plántulas de Tomate infectadas con *Fusarium sp.*.....18

Tabla 3. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del efecto del cultivo de origen y tipo de subproducto sobre el crecimiento de las plántulas de tomate infectadas con *Fusarium sp.*.....20

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue; Evaluar la capacidad supresora a *Fusarium sp*, de subproductos a base de crucíferas en plántulas de tomate. Se evaluaron tres subproductos (Polvo deshidratado, extracto acuoso y extracto etanólico), obtenidos de hojas y tallos residuales o esquilmos de tres brassicas (Brócoli, Col y Coliflor) y se compararon con un testigo absoluto (Sustrato esterilizado), testigo normal (sustrato sin esterilizar), sustrato sin esterilizar + inóculo de *fusarium* (Fo), testigo comercial (sustrato sin esterilizar + Metil diciticarbamato de sodio). Se evaluó; incidencia y severidad de *Fusarium*, y el efecto sobre el crecimiento de la plántula. Los resultados obtenidos mostraron respuestas muy variables, lo cual no permite con precisión determinar si hubo supresión del patógeno. La obtención de los subproductos sea de Brócoli, col o coliflor no mostro diferencias, pero el tipo de subproducto sí, donde la aplicación del extracto etanólico al follaje, redujo el crecimiento de las plántulas, mientras que la aplicación de polvo al sustrato y la aplicación al follaje de extracto acuso fueron similares.

Palabras Clave: Biocontrol, Biofumigación, Inocuidad.

INTRODUCCIÓN

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 en el tallo de las plantas el sistema vascular (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 Picloropropeno 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), 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).

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 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).

Por esta razón se evaluaron subproductos acuosos, etanólicos y en polvo de: brócoli, coliflor y repollo, en plántulas de tomate, dada la importancia de producir plántulas sanas antes de establecerlas en campo.

Para este estudio se eligió el cultivo de tomate porque es considerada como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo y México ocupa el primer lugar con un volumen de producción de toneladas y una superficie de has de la cuales has son bajo cubierta, además de una gran cantidad de subproductos; como pures, salsas, jugos cita. Por otro lado, es un cultivo que genera divisas con un volumen de exportación de ton con un valor de 25.11% de las exportaciones mundiales (SAGARPA, 2018).

Con base en lo anterior el este trabajo se realizó con el

Objetivo general

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

Objetivos específicos

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

HIPÓTESIS

La aplicación de subproductos de crucíferas puede disminuir la severidad de *Fusarium oxysporum f. sp.*, además puede mejorar las variables agronómicas en plántulas 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 isiotiocianatos, 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 filídes 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).

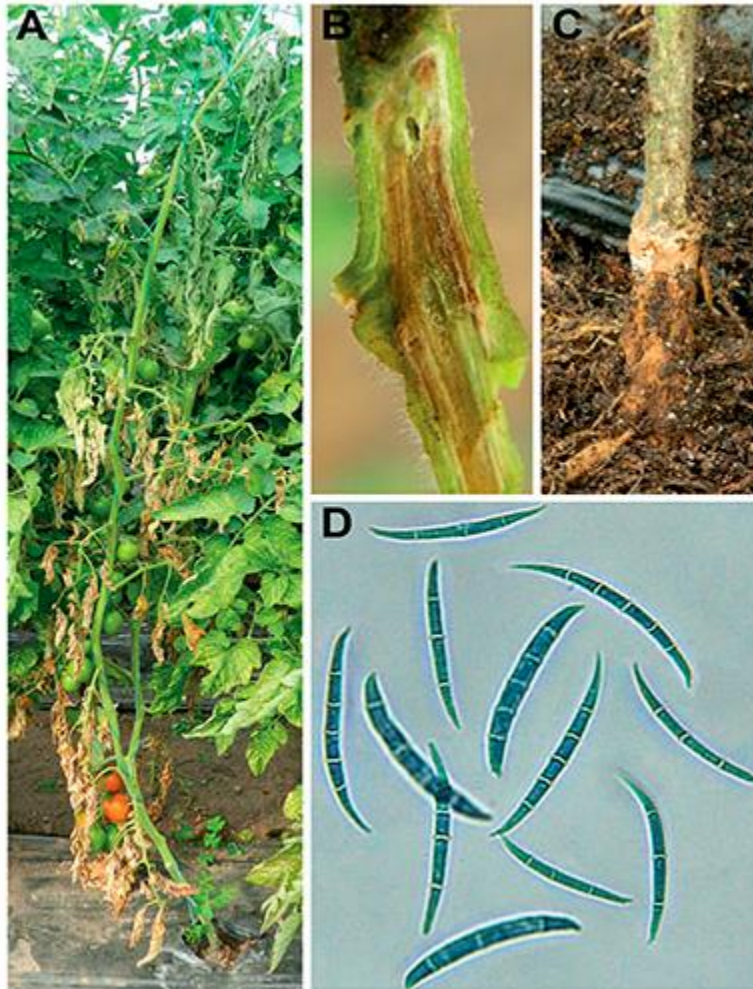


Figura 1. A. Síntoma del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en una planta de tomate; B. Síntoma en detalle de la obstrucción del xilema; C. Síntoma detallado de la enfermedad en la base de una planta de tomate; D. Macroconidios de *F. oxysporum f. sp. lycopersici*. 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 remineralizaste (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 Plántula de Tomate

La producción de plántulas 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 de plántulas:

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 marzo a Junio del 2021, en un invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diseño del Experimento

Se evaluaron tres subproductos (Extracto etanólico, acuoso y polvo deshidratado) obtenidos de hojas y tallos residuales de brócoli, coliflor y repollo, y se compararon con un testigo absoluto, un testigo comercial y un testigo con inculo (Cuadro 1). Los tratamientos se evaluaron en 10 repeticiones, en un diseño completamente al azar. Cada repetición fué una maceta de 250 cc, con sustrato de peat moos®.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

No.	DESCRIPCIÓN
TRATAMIENTO	
T1	Polvo Brócoli.
T2	Polvo Repollo.
T3	Polvo Coliflor.
T4	Extracto Acuoso Brócoli.
T5	Extracto Acuoso Repollo.
T6	Extracto Acuoso Coliflor.
T7	Extracto Etanolico Brócoli.
T8	Extracto Etanolico Repollo.
T9	Extracto Etanolico Coliflor.
T10	Testigo Absoluto (Sustrato Esterilizado).
T11	Testigo Normal (Sustrato sin esterilizar).
T12	Sustrato sin esterilizar + Inculo de Fusarium (Fo).

T13	Testigo Comercial. (Sustrato sin esterilizar + Metil ditiocarbamato de sodio).
------------	--

Cada maceta contenía una plántula de tomate tipo saladette 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).



Figura 2. Establecimiento del experimento.

Actividades para el Establecimiento del Estudio

Producción de Plántula

Se llevó a cabo en el invernadero, durante el periodo del 5 de abril al 5 de mayo del 2021; se emplearon charolas de poliestireno de 200 cavidades y como sustrato Peat moos®.

Transplante

El trasplante se realizó el 5 de Mayo en vaso de poliestireno de 0.25 L y como sustrato Peat-moos®. Los tratamientos con polvo a una dosis de 1.0 g.L se aplicaron al sustrato antes de realizar el trasplante. Los extractos se aplicaron de manera directa a la raíz a una concentración de 3.0 L/ha cada 7 días.

Inoculación

La inoculación se llevó a cabo el día 9 de mayo, con una solución ajustada a 1×10^6 esporas o conidias por mL^{-1} ; De esta solución se tomó un mililitro y se aforo 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 Evaluadas

Las variables de respuesta que se evaluaron fueron las siguientes:

Incidencia: Número de plantas con presencia de síntomas del patógeno.

Porcentaje de incidencia: Fue determinado como porcentaje de plantas con síntomas en el cuello de la plántula.

Severidad: Se midió 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%).

Altura de planta: Se midió con una regla graduada el largo de la planta empezando desde el tallo.

Número de hojas: Se contabilizó el número de hojas.

Diámetro de tallo: Se utilizó un vernier digital modelo CALDI-6MP marca Pretul®.

Tamaño de hoja mayor: Se midió la hoja de mayor largo de cada plántula, con una regla graduada.

Biomasa: Se cortó la planta a la altura del cuello y se pesaron las hojas en fresco con una balanza digital marca: Scout® Pro, modelo: Scout Pro SP2001.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron (ANOVA $P \geq 0.5$) en base al modelo de bloques completos al azar. Las variables estadísticamente diferentes se les realizó una prueba de medias de Tukey ($P \geq 0.05$). (Zar, 1996). Se utilizó el software Estadística versión 7.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia y Severidad

Incidencia

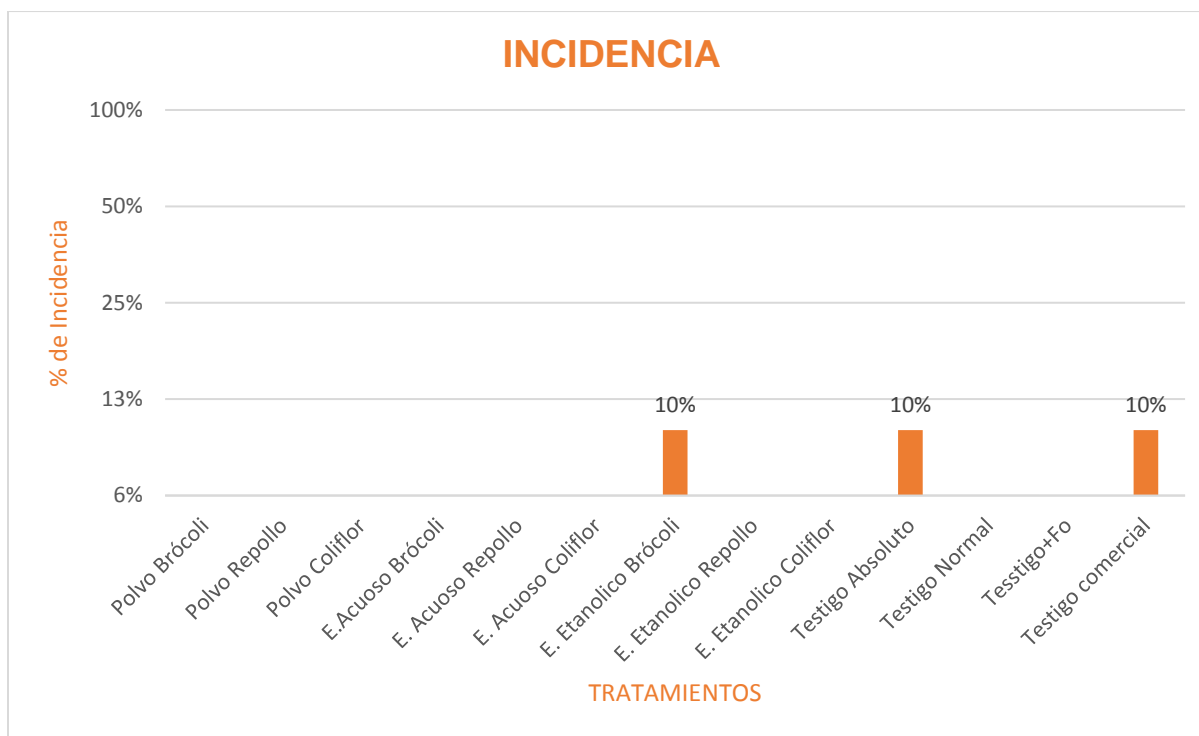


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la incidencia de *Fusarium spp.* en plantas de tomate.

La incidencia de *Fusarium sp.*, medida como porcentaje de plantas con síntomas de marchitez, en general fue baja y similares a lo reportado por Civieta-Bermejo, et al, (2021), donde menciona que las hojas y tallos deshidratados de repollo aplicados al suelo redujeron significativamente la incidencia *Fusarium spp.*, en plantas de tomate.

Severidad

La severidad no fue posible evaluarla bajo la escala propuesta por Diener y Ausubel (Diener & Ausubel, 2005), debido a que solo hubo tres plantas con síntomas de marchitez permanente o plantas muertas.

Efecto de los Tratamientos Sobre el Crecimiento de la Plántula

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 Cuadro 2. Sin embargo, no se observa un comportamiento que permita determinar si los tratamientos suprimieron *Fusarium*, y por lo tanto un efecto sobre el desarrollo de las plántulas de tomate (Figura 4).

Tabla 2. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del Efecto de los tratamientos sobre el Crecimiento de las Plántulas de Tomate infectadas con *Fusarium sp.*

Altura de la Plántula

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Tratamientos	12	12237.1	1019.8	29.258	0.00
Error	117	4078.0	34.9		
Total	129	16315.1			

Diámetro de Tallo

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Tratamientos	12	338.227	28.186	71.58	0.00
Error	117	46.067	0.394		
Total	129	384.294			

Longitud de Hoja

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Tratamientos	12	637.12	53.09	74.69	0.00
Error	117	83.17	0.71		
Total	129	720.29			

Biomasa

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Tratamientos	12	2692.21	224.35	16.652	0.00

Error	117	1576.32	13.47		
Total	129	4268.53			

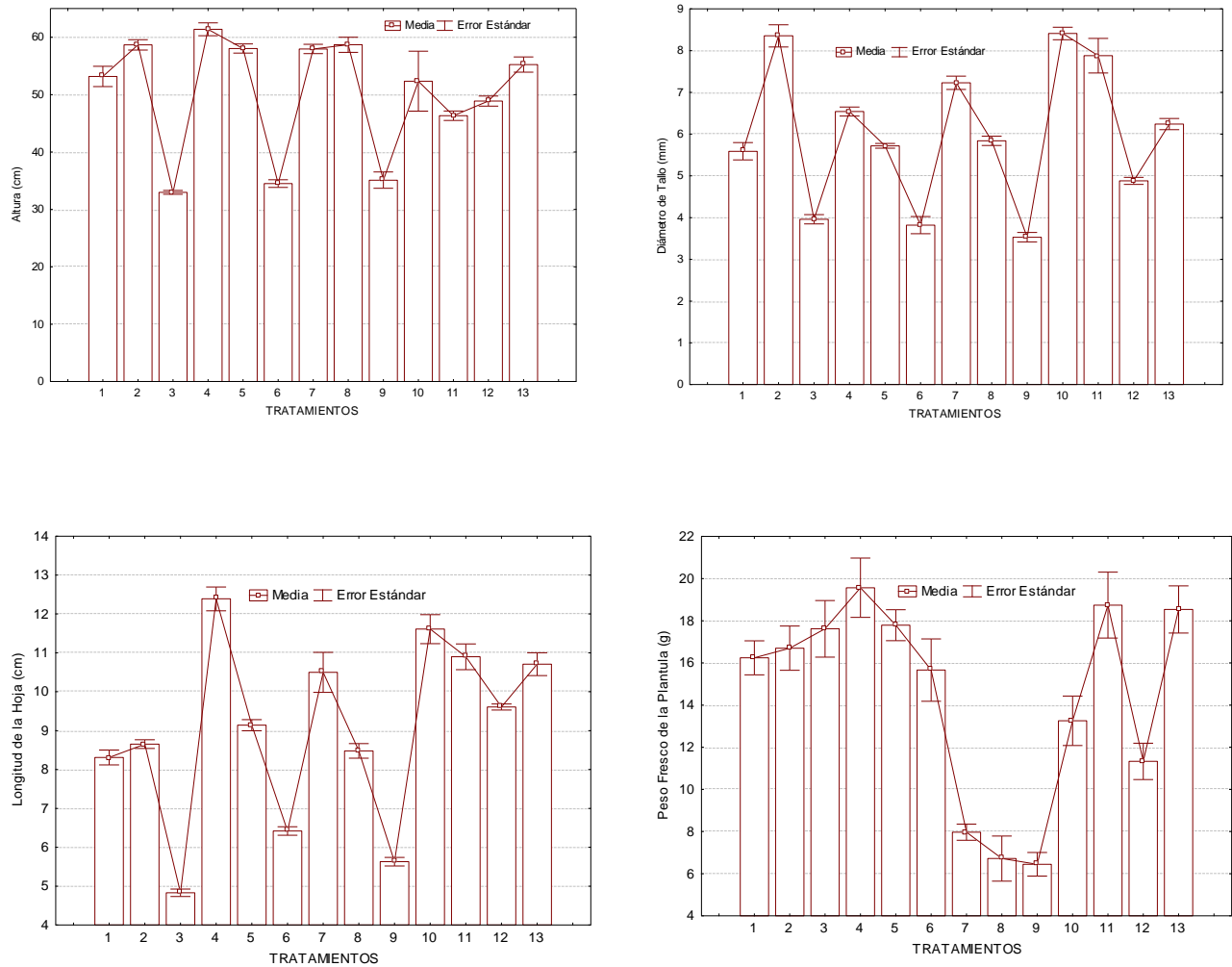


Figura 4. Efecto de los Tratamientos Sobre el Crecimiento de la Plántula.

Entre los objetivos específicos de este estudio fue determinar, si hay diferencias entre el cultivo de origen de los subproductos y el tipo de subproducto. Al realizar el análisis de varianza se encontró, que hay diferencias altamente significativas entre los tipos de

subproducto polvo deshidratado, extracto acuoso y extracto etanólico, así mismo, diferencias mínimas entre los cultivos de origen de los subproductos Cuadro 3.

Tabla 3. Análisis de Varianza ($P \geq 0.05$) del efecto del cultivo de origen y tipo de subproducto sobre el crecimiento de las plántulas de tomate infectadas con *Fusarium sp.*

Altura de la Plántula

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Cultivo	2	131.3	65.6	5.50	0.005747
Subproducto	2	11439.8	5719.9	479.53	0.000000
Cultivo*Subproducto	4	269.4	67.3	5.65	0.000465
Error	81	966.2	11.9		
Total	89	12806.7			

Diámetro de Tallo

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Cultivo	2	7.974	3.987	18.99	0.000000
Subproducto	2	2160.276	80.138	381.74	0.000000
Cultivo*Subproducto	4	9.670	14.918	71.06	0.000000
Error	81	17.004	0.210		
Total	89	244.925			

Numero de Hojas

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Cultivo	2	21.956	10.978	22.74	0.000000
Subproducto	2	466.822	233.411	483.54	0.000000
Cultivo*Subproducto	4	29.911	7.478	15.49	0.000000
Error	81	39.100	0.483		
Total	89	557.789			

Longitud de las Hojas

Tratamiento	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F (Calculada)	Probabilidad $P \geq 0.05$
Cultivo	2	62.598	31.299	51.35	0.000000

Subproducto	2	354.868	177.434	291.08	0.000000
Cultivo*Subproducto	4	33.722	8.430	13.83	0.000000
Error	81	49.375	0.610		
Total	89	500.563			

Al realizar la prueba de medias Tukey 0.05, se observó que las variables de altura y diámetro de tallo o fueron diferentes estadísticamente. Figura 5

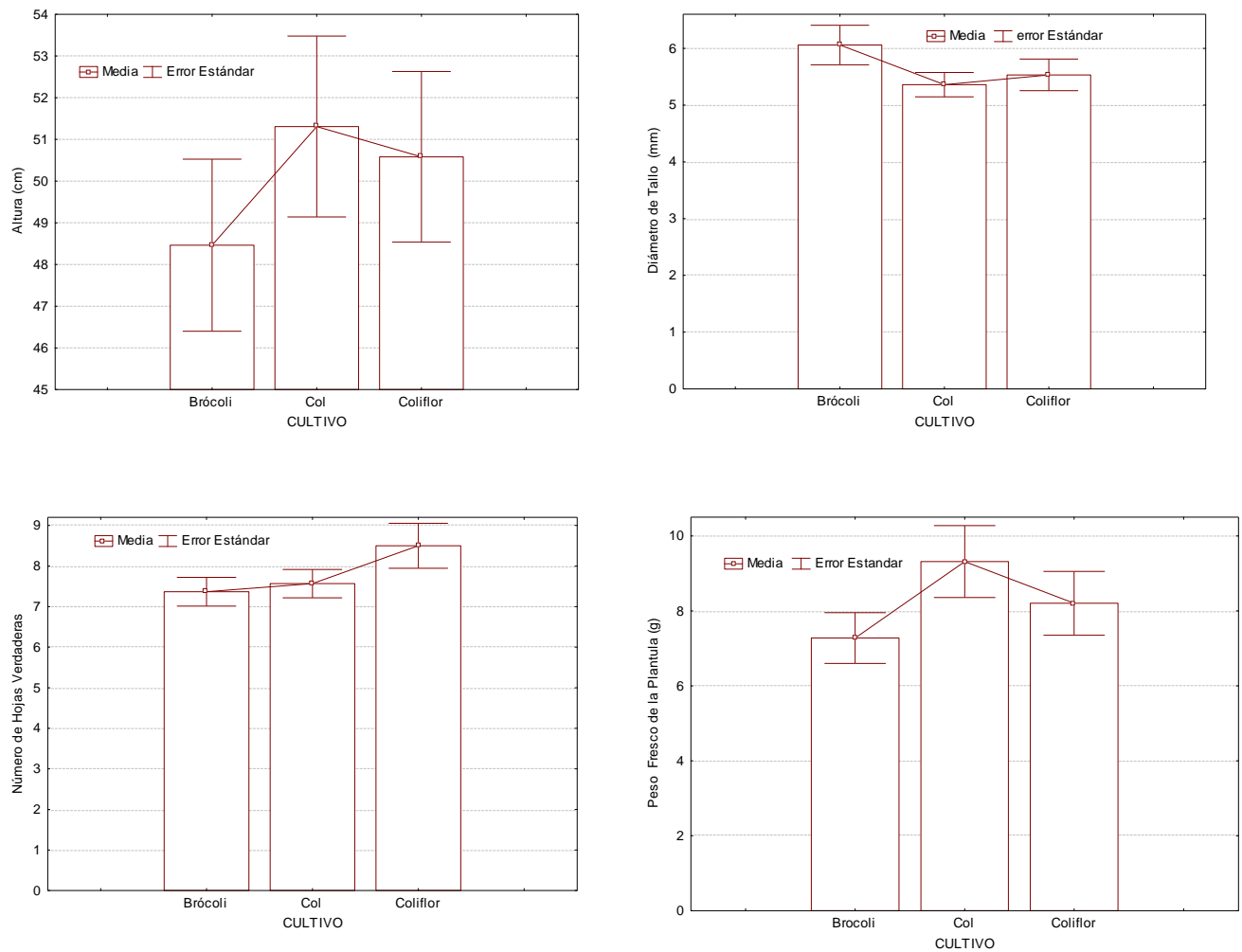


Figura 5. Efecto del cultivo de procedencia de los subproductos sobre crecimiento de las plántulas de tomate infectadas con *Fusarium*.

El utilizar residuos de brócoli, col y coliflor como materia prima para la obtención de subproductos para la supresión de *Fusarium sp*, en plántulas de tomate, no mostraron diferencia en la variable de altura, y mínimas diferencias en las variables de diámetro de

tallo (Figura 6), lo cual no permite concluir con precisión que hay diferencias si los subproductos se obtienen de brócoli, col o coliflor.

Respecto al tipo de subproducto, se observan diferencias en las variables de altura de planta, diámetro de tallo, longitud de la hoja y biomasa (Figura 6). Se observó un crecimiento muy similar de las plántulas de tomate tratadas con polvo deshidratado y extracto acuoso, superior a las tratadas con extracto etanólico.

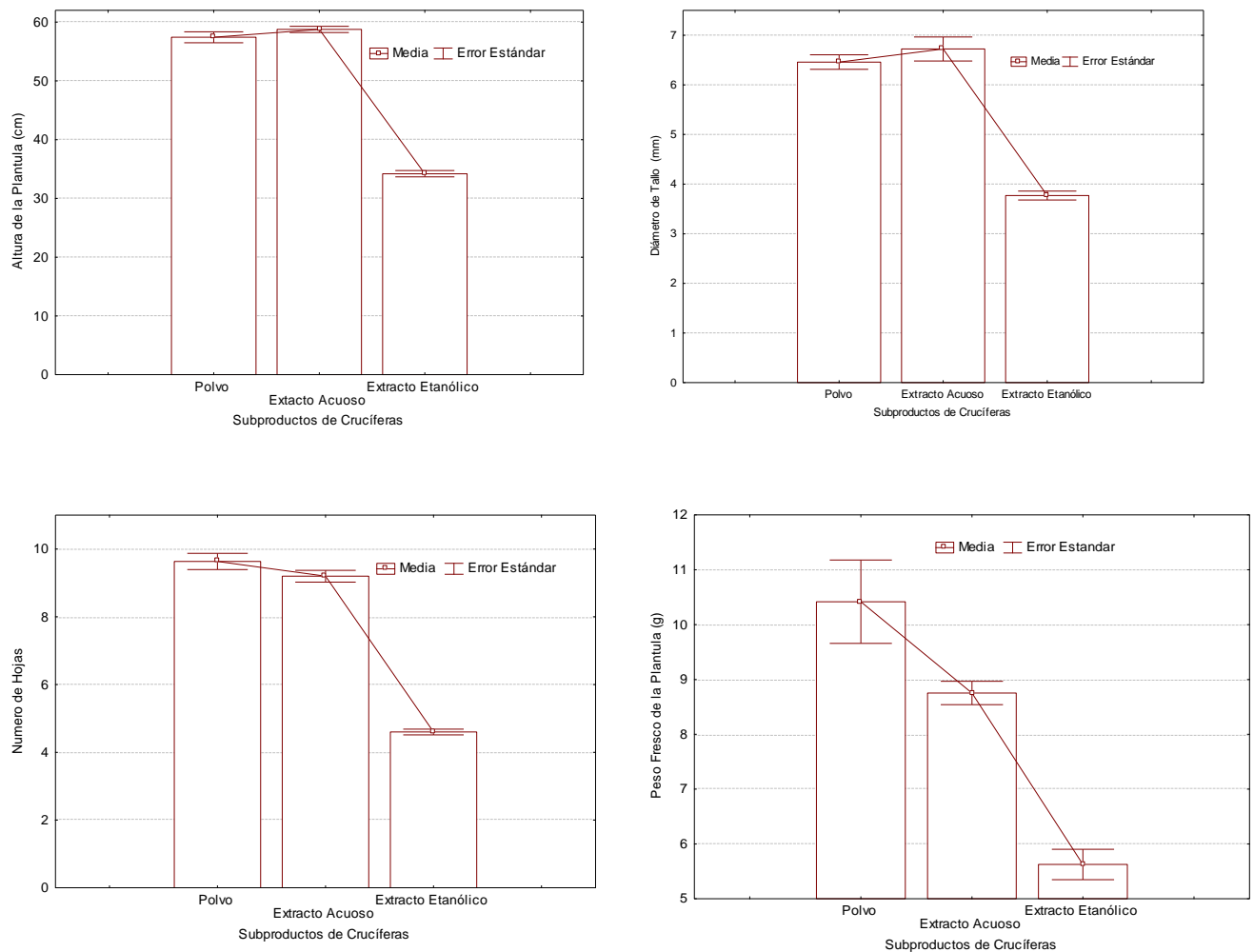


Figura 6. Efecto de los subproductos de crucíferas sobre el crecimiento de la plántula de tomate infectada con *Fusarium sp.*

Finalmente, al evaluar acumulación de biomasa se encontró que las plantas con mayor peso se obtuvieron en los tratamientos con polvo deshidratado y las de menor peso en los tratamientos con extracto etanólico, este último debido probablemente al efecto del

etanol, utilizado como extractante, dado que existen reportes que el metanol a concentraciones de 5% v/v, redujo el crecimiento de plantas de lechuga (Pineda et al, 2010). El efecto supresor de los extractos puede estar relacionado a la forma de aplicación foliar, debido a que en esta forma el efecto estimulante es más notable (Segura, Á. 2002),

Dada la variabilidad de las respuestas de la planta de tomate infectada con *Fusarium* a la aplicación de los subproductos obtenidos de residuos de crucíferas, no es posible determinar con precisión si existe una supresión de *Fusarium* en las plántulas. Es importante señalar que existen factores que limitan la infestación de las plántulas, como la edad dado que las plántulas de tomate son más susceptibles al ataque de *Fusarium* al iniciar la cosecha hasta finalizar el cultivo (Lugo Martinez, M. G. 2011), también a la genética del cultivar; el Cid® F1 declara en su etiqueta tolerancia o resistencia a *Fo solani* raza 1 y 2 (Harrys Moran, 2021, García-Ramos, et, al, 2018.)

En la literatura no se encontraron reportes de estudios de *Fusarium* en plántulas de tomate. Sin embargo, en cultivo para producción, se soporta que el uso del polvo deshidratado de col o repollo redujo la incidencia y severidad de *Fusarium* en tomate cultivado en suelo (Civieta-Bermejo, et al, 2021), y mejoro la calidad del fruto (Cuvas-Limón, 2018). Mientras que los extractos acuosos aplicados al suelo no mostraron efecto

CONCLUSIONES

El uso de polvo deshidratado y los extractos etanólicos y acuosos obtenidos de residuos de brócoli, col y coliflor, para control de *Fusarium* en plántulas de tomate, mostraron

respuestas muy variables, lo cual no permite con precisión determinar si hubo supresión del patógeno. Respecto al efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de la plántula, la obtención de los subproductos sea de Brócoli, col o coliflor no mostro diferencias, pero el tipo de subproducto sí, donde la aplicación del extracto etanólico al follaje, redujo el crecimiento de las plántulas, mientras que la aplicación de polvo al sustrato y la aplicación al follaje de extracto acuso fueron similares.

LITERATURA CITADA

Abril Estupiñán, M. D. P. (2017). Diseño del manual de procedimientos para la plantación de tomate (*Lycopersicon 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.

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.; Villalberma, 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.

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](http://www.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.

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.