

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Agentes de Control Biológico y Extractos Botánicos para el Control del
Patosistema (*Solanum lycopersicum-Clavibacter michiganensis* subsp.
michiganensis) y su Efecto en la Promoción de Crecimiento

Por:

ALEX ANTONIO HERNÁNDEZ VELASCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Agentes de Control Biológico y Extractos Botánicos para el Control del Pato sistema (*Solanum lycopersicum*-*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) y su Efecto en la Promoción de Crecimiento

Por:

ALEX ANTONIO HERNÁNDEZ VELASCO

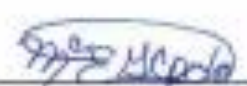
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Enrique Castro Del Ángel
Asesor Principal


Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor


M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2025

Declaración de no plagio

El autor quién es el responsable directo, jura bajo protesta decir verdad que no se incurrió en plagio o conductas académicas incorrectas en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autores originales (copiar y pegar); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencias al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados datos o la tesis para presentarla como propia para beneficio propio; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizando ideas o razonamientos de un autor sin citarlos; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original o fuentes, 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 todo lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Alex Antonio Hernández Velasco

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil, brindarme los conocimientos necesarios para afrontar la vida y nunca dejarme sin alimentos durante mi estadía como estudiante.

A **Dios** por bendecirnos la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Al **Dr. Epifanio Castro Del Ángel**, por su amistad, paciencia y disciplina con la que se dirige a todo el alumnado, gracias por darme la oportunidad de ser uno de sus tesisistas y tener la confianza en mí, escuchar mis problemas, apoyándome con sus consejos y además de ser un excelente profesor en mi formación profesional.

Al **Dra. Elizabeth Galindo Cepeda**, por su amistad, paciencia y dedicación en la revisión del presente trabajo, además de ser una excelente profesora en mi formación profesional. Gracias por todo Dra. Dios la bendiga siempre.

Al **Dr. Abiel Sánchez Arizpe**, por su dedicación y esmero en la revisión de este trabajo, por las sugerencias y aportes para el mismo, además de ser un excelente profesor en mi formación profesional y darnos las armas para ser unos buenos fitopatólogos.

Al **TLQ. María Cristina Sánchez Flores**, por su ayuda y ser guía en la realización de mi proyecto de tesis.

A mis amigos **Gerardo Molina, Luis Cruz, Juan Daniel, Gael Mata, Carmen Maldonado, Esteban, Emanuel**, que fueron un pilar fundamental en toda mi formación académica, un sincero agradecimiento a todos ellos, que me acompañaron en momentos buenos y más en los momentos malos, gracias.

A **mis compañeros** de carrera que estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría, a lo largo de nuestra formación profesional.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Onorio Hernández López y María Maribel Velasco López, a quien estoy eternamente agradecido, por darme la vida, por brindarme tanto cariño, consejos y también sus regaños que en ocasiones necesitaba, por motivarme a seguir adelante por el camino del bien, pero sobre todo por creer en mí y decirme hijo yo sé que lo vas a lograr, por su sacrificio en soportar mi ausencia durante toda mi carrera, aunque sus bendiciones siempre me acompañaron en todo momento, gracias a ellos ahora soy un ingeniero.

A MIS HERMANOS

Yael, Aldrick, Ángel, Paulina, Aletia, Guadalupe, Riky, Roxana, con cariño para ustedes gracias por los consejos y motivaciones para seguir adelante, en especial a mi hermana mayor **Zulma Isabella**, quien me ayudó en cada momento, quien siempre estuvo ahí para ayudarme, en los momentos buenos y más en los momentos malos, estoy eternamente agradecido con cada uno de ellos por brindarme su cariño, por llenarme de momentos alegres, gracias por tantos abrazos, disgustos y peleas que hemos tenido, que son parte de nuestra vida como familia y que nos mantiene unidos como hermanos, los quiero mucho.

A MI NOVIA

Alejandra Arely Gómez Pérez, por estar presente durante toda mi etapa como estudiante, por ser parte de mi familia y del presente proyecto, esta tesis no solo fue un logro personal, sino el fruto de nuestro esfuerzo, pues en todo momento me brindaste tus conocimientos y apoyo para su desarrollo, eres una persona muy importante en mi vida, gracias por todos los momentos felices que pasamos juntos, le doy gracias a Dios y a la vida por haberte puesto en mi camino, esta meta solo es una de las muchas que quiero lograr contigo. Te amo.

A MIS ABUELOS

Consuelo López Velasco, Rodrigo Hernández (+), les agradezco por tanto cariño y consejos que llevo siempre presente en cada momento de mi vida, gracias a ustedes tengo un gran padre, por consentirme cuando era tan solo un niño, como solo ustedes pudieron hacerlo, en especial a mi abuelo aun que ya no está con nosotros, aun sigo sus consejos, gracias por todo lo que pudo enseñarme en su momento, hasta el cielo te mando un fuerte abraso mi querido abuelo.

A MI TÍO

José Roselin Hernández López, por ser motivo de admiración y enseñarme esta bonita profesión de ser un ingeniero de la (UAAAN), gracias por los consejos que me brindo desde niño, por apoyarme a seguir estudiando y poder sacar una profesión, eternamente agradecido por enseñarme a no rendirme jamás.

Esta **tesis** no solo es resultado de mi esfuerzo. Es un complemento de lo que se puede lograr en esta vida si tienes un objetivo presente y como influyen cada una de las personas mencionadas anteriormente. Eternamente agradecido con mi Alma Mater.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
ÍNDICE DE GRAFICAS	XIII
RESUMEN	XIV
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	3
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Cultivo de tomate	5
Origen de tomate	5
Importancia del tomate	5
Producción de tomate en México	6
Producción mundial	6
Botánica	6
Flor y fruto	7
Tallo y hojas	7
Raíz	7
Clasificación taxonómica	7
Enfermedades del tomate	8
Antecedentes Generales del cáncer bacteriano del tomate	8

Características	9
Clasificación taxonómica.....	10
Ciclo de vida.....	11
Ciclo de vida <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i>	12
Infección.....	13
Síntomas.....	13
Síntomas de <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i>	15
Métodos de detección e inspección	16
Distribución Geográfica	16
Importancia	17
Manejo de la enfermedad	18
Estatus normativo de la enfermedad	18
Control cultural	19
Control biológico	19
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	20
Mecanismo de acción de <i>Bacillus Amyloliquefaciens</i>	21
Clasificación taxonomía.....	22
<i>Trichoderma harzianum</i>	22
Mecanismo de acción <i>Trichoderma harzianum</i>	23
Clasificación taxonomía.....	24
Control químico	24
Cuprimicina Agrícola 5%.....	25
Modo de acción.....	25
Defense.....	26
Modo de acción.....	26

MATERIALES Y MÉTODOS	28
Localización del experimento	28
Etapa en invernadero	28
Material vegetal utilizado	29
Trasplante del cultivo	29
Riego y tutorado de las plántulas	29
Poda de brotes axilares o “chupones”	30
Despunte	30
Etapa de laboratorio	31
Preparación de medios de cultivos	31
Obtención de las cepas de <i>Trichoderma</i> y <i>Bacillus</i>	32
Reproducción de la bacteria <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i>	32
Establecimiento del experimento	33
Preparación de los extractos de los microorganismos	33
Inoculación de la bacteria a plantas sanas	34
Parámetros evaluados	36
Rendimiento por planta:	36
Severidad de marchitez:	36
Peso de biomasa:	36
Peso de raíz:	36
Longitud de la raíz:	36
Diámetro polar y ecuatorial:	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38

Efectividad de extractos hidroalcohólicos de <i>A. mexicana</i> y microorganismos antagonistas en relación con la producción de biomasa en el patosistema <i>Solanum lycopersicum</i>	38
Efecto de los extractos biológicos y botánicos en la promoción del peso radicular.....	39
Efecto en la longitud de raíz con extractos de <i>A. mexicana</i> y extractos biológicos.....	40
Efecto de los extractos biológicos y botánicos en el peso de los frutos de tomate.....	41
Efecto de extractos hidroalcohólicos de <i>A. mexicana</i> y microorganismos sobre el diámetro polar y ecuatorial	42
Efecto de extractos hidroalcohólicos de <i>A. mexicana</i> y microorganismos sobre el diámetro ecuatorial	43
Efectos en la severidad de la enfermedad con extractos hidroalcohólicos de <i>A. mexicana</i> y microorganismos antagonistas.....	44
CONCLUSIONES	46
LITERATURA CITADA	47
ANEXOS	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Muestra de <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i> en medio AN, después de cuatro días de su siembra.....	10
Ilustración 2: Ciclo del cáncer bacteriano, siembra de semillas, planta con síntomas, hasta la fructificación, Ciclo 2023-2024, Invernadero de Parasitología.	12
Ilustración 3: A) Cultivo afectado por el cáncer bacterino, B) amarillamiento y necrosis en hoja, C) lesiones en tallo inoculados por pulverización con la bacteria, D) lesión de la bacteria en frutos, E) necrosis en tallo, F) Pardeamiento de la zona vascular, Hernández Alex 2023-2024.	15
Ilustración 4: Distribución mundial de <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i> (EPPO, 2022).	16
Ilustración 5: Invernadero de parasitología, donde se realizó la investigación, (UAAAN 2023).....	28
Ilustración 6: Trasplante de las plántulas a las macetas con sustrato, usando dos plántulas por maceta. Invernadero de parasitología, 2023.....	29
Ilustración 7: Tutoré inicial de la planta de tomate para formación de los tallos guías. Invernadero de Parasitología, 2023.....	30
Ilustración 8: Departamento de Parasitología de la UAAAN, donde se llevó a cabo la etapa de laboratorio.....	31

Ilustración 9: Preparación de los medios de cultivo, que se usaron para la siembra de *Trichoderma* y *Bacillus*. Depto. Parasitología 2023..... 32

Ilustración 10: (A) siembra de *Trichoderma harzianum*, (B) y *Bacillus amyloliquefaciens*, en matraces Erlenmeyer en la campana de flujo laminar. Depto. Parasitología 2023. 33

Ilustración 11: Integración de los extractos de *Trichoderma* y *Bacillus*, que se usaron en los tratamientos. Depto. Parasitología 2023..... 35

Ilustración 12: Aplicación de los tratamientos dos horas antes de la inoculación de la bacteria. Invernadero de parasitología, 2023. 35

Ilustración 13: inoculación a las plantas de tomate con un palillo esterilizado, se le colocaron tres palillos por planta, colocándolos en zona axilar del tallo. Invernadero de parasitología, 2023..... 35

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Comparación de medias de los resultados de producción de biomasa en el cultivo de tomate bajo invernadero.....	38
Grafica 2. Efectos de los extractos biológicos y botánicos en el peso radicular de plantas de tomate bajo invernadero.....	39
Gráfica 3. Longitud radical de plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.....	40
Gráfica 4. Evaluación de las medias del rendimiento de tomates bajo condiciones de invernadero.....	41
Grafica 5. Gráficas del diámetro polar del fruto de tomate en presencia de <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i>	42
Grafica 6. Gráficas del diámetro ecuatorial del fruto de tomate en presencia de <i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i>	43
Grafica 7. Resultados de la evaluación de severidad en las plantas de tomate con extractos hidroalcohólicos de <i>A. mexicana</i> y microorganismos.....	44

RESUMEN

En los últimos años la producción de tomate se ha visto limitada por diversos factores, tanto de tipo biótico como abióticos, debido al constante cambio climático altera los procesos fonológicos del tomate. Sin embargo, una de las enfermedades que más daño ocasiona es el cáncer bacteriano ocasionado por *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* esta enfermedad se ha convertido en la más importante en algunas regiones de México a campo abierto y en invernaderos. Generalmente el manejo que se le da a este problema es usando antibióticos, bactericidas y productos con cobre, los cuales han mostrado poca eficiencia en su manejo. El objetivo de la presente investigación fue determinar el control de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* con *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens* y extractos hidroalcohólicos de *Argemone mexicana* en condiciones de invernadero. Este experimento se desarrolló durante los años 2023 y 2024, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos y tres repeticiones. La bacteria *Cmm* se obtuvo de una cepa ya caracterizada molecularmente, posteriormente se procedió a infectar las plantas con *Cmm*, para evaluar los parámetros de rendimiento por planta, severidad de marchitez, peso biomasa, peso de raíz, longitud de raíz, tamaño de fruto y severidad de la enfermedad. Los extractos hidroalcohólicos de *Argemone mexicana* y el producto comercial defensa obtuvieron los valores más altos en la producción de frutos y crecimiento de nuestras plantas de tomate. En general, los extractos biológicos y botánicos tuvieron presencia significativa con el control de la bacteria *Cmm* y, además, influyeron en la longitud de raíz, diámetro de tallo, altura de planta, peso fresco de biomasa y en el rendimiento de frutos.

Palabras clave: Extractos Biológicos, Extractos Botánicos, Extractos Hidroalcohólicos, Severidad.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate *Solanum lycopersicum* L. ocupa un lugar preponderante en relación con el desarrollo económico y social de la horticultura en México, ya que es uno de los principales generadores de divisas para el país, reportándose en el año 2000 el volumen exportado a Estados Unidos de 689 900 toneladas, lo cual representó un valor total de 466.1 millones de dólares, según el Banco de Comercio Exterior; 2001, así mismo es una fuente importante de trabajo para los mexicanos (SAGARPA, 2011).

Las regiones productoras de tomate con mayor superficie sembrada se localizan en los estados de Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Morelos, Michoacán, Nayarit, Sonora, Puebla, Jalisco, entre otros (Montaño *et al.*, 2021).

Dentro de los principales productores encontramos a México en donde la principal hortaliza que se produce es el tomate (Martínez *et al.*, 2012). Para la producción mundial México aporta con el 1.7%, estando por debajo de los países mencionados anteriormente, esto gracias a que México cuenta con condiciones favorables para la producción (clima, recursos naturales, disponibilidad de mano de obra y siendo vecinos de Estados Unidos de América), en términos de exportaciones México contribuye con el 19% lo cual lo coloca por encima de países bajos (Montaño *et al.*, 2021).

El origen de tomate se ubica en la región de los Andes, fue trasladado a México donde funciono como lugar de distribución de la especie adoptando “tomatl” palabra perteneciente a la lengua náhuatl, después de México comenzó su dispersión en todo el mundo (Vergani, 2002). Para el año 1753 Carlos Linneo al tomate lo asigno en el género *Solanum* donde le dio el nombre científico de *Solanum lycopersicum* L. (Escobar y Lee, 2009).

Un factor limitante para la producción de tomate en México, son las enfermedades que son causadas por hongos, bacterias y virus, en condiciones favorables estos se pueden desarrollar aceleradamente, en campo abierto o en invernaderos, para poder realizar un control eficiente es importante identificar correctamente el agente

causal y diferenciar los diferentes síntomas, para poder establecer un programa de monitoreo adecuado y dar medidas de control bajo esquemas de manejo integrado de enfermedades usando bactericidas y fungicidas (Gómez *et al.*, 2022).

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* se descubrió por primera vez en 1909 en Grand Rapid Michigan, Estados Unidos, hasta 1983 fue conocida como *Corynebacterium michiganensis*, actualmente se le conoce como *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, el fitopatógeno fue estudiado por primera vez en Chile por Nome y Docampo en 1969, Latorre y Nome en 1970, actualmente se ha reportado en áreas de producción de todo el mundo, ocasionando grandes pérdidas en la producción (Sepúlveda *et al.*, 2013).

En México fue reportada en 1998 por Fucikovsky, Ramírez y Sainz mencionaron que, el primer reporte de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, en México fue en el estado de Sinaloa, en el valle de El fuerte, desde su aparición se ha presentado en diversos grados de incidencia y severidad (Holguín *et al.*, 2006 y García *et al.*, 2007).

La bacteria *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, se puede encontrar en semillas, rastrojo o malezas, que ingresa ya sea por heridas de la planta o aberturas naturales, se transmite a otras plantas por contacto en los cultivos de invernadero o por la misma agua ya sea de lluvia o de riego en los cultivos a campo abierto (Peñalba, 2022). La bacteria en campo abierto se desarrolla a temperaturas de 25-30 °C y requieren periodos de alta evapotranspiración (OEPP/EPPO, 2005).

El cáncer bacteriano, (Cmm) infecta al cultivo de tomate principalmente a través de la semilla, otra fuente de infección son restos del cultivo anterior, las infecciones secundarias son ocasionadas principalmente por labores agrícolas tales como, el riego y la poda, o el contacto de herramientas o plantas infectadas con plantas sanas (Eichenlaub *et al.*, 2006; Sen *et al.*, 2015). Una vez dentro de la planta, Cmm coloniza el xilema y de ahí coloniza otros tejidos, como el fruto y la semilla (Tancos *et al.*, 2013).

Justificación

El control tradicional de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en el cultivo de tomate no ha resultado de todo favorable, la cual limitado los rendimientos y ocasiona grandes pérdidas en la producción, por un lado, los productos químicos son poco efectivos, por lo que conlleva que los agricultores aumenten las dosificaciones recomendada, ocasionado problemas a la salud y por otro, los fitopatógenos generan resistencia a estos productos. Por lo que se intentará Inducción resistencia sistémica con extractos de plantas y microorganismos para el manejo de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en el cultivo de tomate.

Objetivo general

Control de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* con agentes de control biológico y extractos de plantas en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* y su efecto en la promoción de crecimiento y desarrollo.

Objetivos específicos

1. Determinar el control de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* con *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens* y extractos hidroalcohólicos de *Argemone mexicana* en condiciones de invernadero.
2. Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens* y extractos hidroalcohólicos de *Argemone mexicana* sobre la promoción de crecimiento y desarrollo en el patosistema *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*-*Solanum lycopersicum*.

Hipótesis

Al menos una alternativa de control reducirá la severidad de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* y tendráá efecto significativo en la promoción de crecimiento y desarrollo en el cultivo de tomate

REVISIÓN DE LITERATURA

Cultivo de tomate

El tomate es una hortaliza de gran valor económico, es cultivada en más de cien países del mundo, la siembra y el consumo de esta hortaliza ha aumentado en los últimos años (López, 2017). Es cultivado anualmente por motivos esencialmente económicos y su popularidad aumenta constantemente (Nuez *et al.*, 1999).

Origen de tomate

El origen de tomate se ubica en la región de los Andes, fue trasladado a México donde funciono como lugar de distribución de la especie adoptando “tomatl” palabra perteneciente a la lengua náhuatl, después de México comenzó su dispersión en todo el mundo (Vergani, 2002). Para el año 1753 Carlos Linneo al tomate lo asigno en el género *Solanum* donde le dio el nombre científico de *Solanum lycopersicum* L. (Escobar y Lee, 2009).

Importancia del tomate

Desde los inicios del siglo XIX hasta la actualidad el cultivo del tomate a desarrollado una gran importancia económica en todo el mundo, debido a lo anterior con el paso del tiempo se ha posicionado como la hortaliza más consumida (García *et al.*, 2009). Los principales países productores de tomate son China Continental, Egipto, España, Estados Unidos de América y India (Montaño *et al.*, 2021).

Producción de tomate en México

Dentro de los principales productores encontramos a México en donde la principal hortaliza que se produce es el tomate (Martínez *et al.*, 2012). Para la producción mundial México aporta con el 1.7%, estando por debajo de los países mencionados anteriormente, esto gracias a que México cuenta con condiciones favorables para la producción (clima, recursos naturales, disponibilidad de mano de obra y siendo vecinos de Estados Unidos de América), en términos de exportaciones México contribuye con el 19% lo cual lo coloca por encima de países bajos (Montaño *et al.*, 2021).

Producción mundial

México ocupa el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate, la Comarca Lagunera tiene un rol importante en la exportación de este cultivo, principalmente a Estados Unidos de América (Orana, 2022). La producción mundial del cultivo de tomate ha incrementado su importancia en los últimos años, los principales países productores son china en primer lugar, Egipto, España, Estados Unidos de América, India y el resto de los países (Montaño *et al.*, 2021).

Botánica

El cultivo de tomate cuenta con dos tipos de crecimientos “indeterminado y determinada”, la primera consta de un crecimiento excesivo, desordenado que presenta tallos con segmentos uniformes con tres hojas, una floración que termina siempre con un ápice vegetativo y la segunda su crecimiento es limitado, con tallos segmentados presentados menos hojas en la inflorescencia (Víctor *et al.*, 2009).

Flor y fruto

Las flores de tomate se agrupan en simples o ramificadas, el numero varía según la especie y para los frutos estos cambian según la variedad y pueden llegar a tener características un poco diferentes como son “olor, consistencia y tamaño” (Blancard, 2011).

Tallo y hojas

Los tallos son cilíndricos y leños alcanzando alturas de 0.30 cm a 2.0 cm, a lo largo del tallo surgen las primeras hojas, dando lugar a la inflorescencia (Gorini, 2018). Los tomates cuentan con hojas compuestas y pinnada, teniendo siete y nueve folíolos que están adheridos al tallo (Monardes, 2019).

Raíz

El sistema radicular se compone por raíces principales y secundarias, por su vigorosidad alcanzan profundidades de 30 cm, estas se agrupan por epidermis, córtex y el cilindro vascular, que se dedican a absorber agua y nutrientes del suelo trasportándolo por toda la planta (Infoagro Systems, 2016).

Clasificación taxonómica

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida (Dicotiledónea)*

Subclase: *Asteridae*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceas*

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum L.*

(Semilla, 2015)

Enfermedades del tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es un cultivo muy importante a nivel mundial, debido a su demanda y alto valor nutricional, y su producción ha ido en aumento en los últimos años, sin embargo, este cultivo se ve afectado por diversas enfermedades que pueden generar pérdidas de hasta 100%, dentro de los agentes bióticos y parásitos causantes de las enfermedades en el cultivo de tomate están: bacterias, virus, citoplasmas, nematodos, insectos, plantas parásitas y hongos, entre los que destacan son *Botrytis cinerea*, *Alternaria dauci* f. *solana*, *Laveillula taurina*, *Phytophthora infestans*, *Pythium aphanidermantum*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, Dichos patógenos atacan a nivel fruto y flor, por lo tanto, pueden llegar a causar pérdidas de más del 60% (Gómez *et al.*, 2022).

Un factor limitante para la producción de tomate en México, son las enfermedades que son causadas por hongos, bacterias y virus, en condiciones favorables estos se pueden desarrollar aceleradamente, en campo abierto o en invernaderos, para poder realizar un control eficiente es importante identificar correctamente el agente causal y diferenciar los diferentes síntomas, para poder establecer un programa de monitoreo adecuado y dar medidas de control bajo esquemas de manejo integrado de enfermedades usando bactericidas y fungicidas (Gómez *et al.*, 2022).

Las enfermedades requieren un control eficaz tratando de reducir significativamente el riesgo de pérdidas serias en la producción, las estrategias de control son basadas en la prevención y en métodos que nos ayuden a ralentizar la propagación de las enfermedades (Martínez *et al.*, 2016).

Antecedentes Generales del cáncer bacteriano del tomate

El cáncer bacteriano es uno de los principales problemas fitosanitarios que enfrentan los productores de tomate a nivel mundial, se trata de una enfermedad con alto rango de síntomas tanto en invernaderos y campo abierto, cuando las condiciones son favorables se hace muy difícil su manejo ocasionando importantes pérdidas en los cultivos a nivel mundial (Inés *et al.*, 2013). La enfermedad se descubrió por primera vez en 1909 en Grand Rapid Michigan, Estados Unidos, hasta 1983 fue conocida como *Corynebacterium*

michiganensis, actualmente se le conoce como *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, el fitopatógeno fue estudiado por primera vez en Chile por Nome y Docampo en 1969, Latorre y Nome en 1970, actualmente se ha reportado en áreas de producción de todo el mundo, ocasionando grandes pérdidas en la producción (Sepúlveda *et al.*, 2013).

En México fue reportada en 1998 por Fucikovsky, Ramírez y Sainz mencionaron que, el primer reporte de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, en México fue en el estado de Sinaloa, en el valle de El fuerte, desde su aparición se ha presentado en diversos grados de incidencia y severidad (Holguín *et al.*, 2006 y García *et al.*, 2007).

(CESVMOR, 2010) afirmó que *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* se ha convertido en una de las principales enfermedades del cultivo de tomate, por las pérdidas que puede ocasionar que van de un 70% hasta pérdida total 100% en promedio 25 ton/ha, ocasionando un incremento en los costos de producción de alrededor de 10 a 15% directamente (9, 000.00 a 13, 500.00) para emplear control, mediante el uso de agroquímicos, esta enfermedad ocasiona pérdidas en muchos países del mundo y México, así como el estado de Morelos no son la excepción.

Al respecto (Ftayeh *et al.*, 2010) en Siria realizaron encuestas en 2007 para conocer la incidencia del cáncer bacteriano del tomate, La enfermedad se encontró en 10 de los 150 invernaderos, en Dima, Huda y Astona, la incidencia de la enfermedad en estos invernaderos se estima en hasta un 15% a mediados de abril de 2007, a finales de julio, había aumentado a un máximo del 70% en dos de estos invernaderos, del 30-40% en 6 invernaderos, y era todavía un 15% en los otros dos invernaderos, en 2008 y 2009 no se realizaron encuestas.

Características

Es una bacteria Gran positiva, con crecimiento lento, corineforme, aeróbica, no móvil su tamaño vario de los 0.3 a 0.6 μm de ancho y 0.5-1.5 μm de largo, tiene un crecimiento de forma de bastones, el crecimiento va de los 5 a 30 días con temperaturas favorables

que van de los 18° a los 21°, no es formadora de esporas, es considerada una de las enfermedades más graves en el cultivo de tomate (Schaad, 2001).

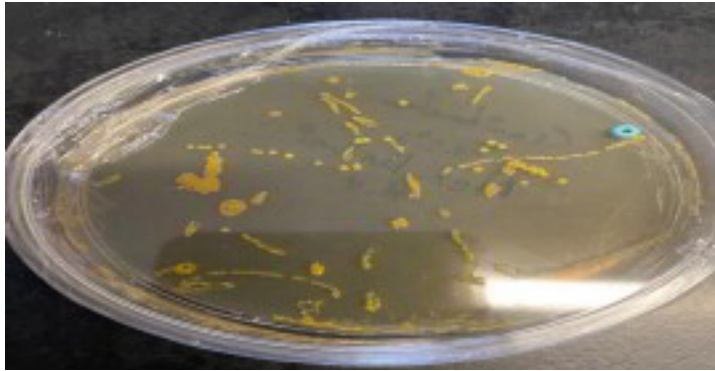


Ilustración 1: Muestra de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en medio AN, después de cuatro días de su siembra.

Clasificación taxonómica

Según (Goto,1992; Jansen *et al*, 2004), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Bacteria

Phylum: Actinobacteria

División: *Firmicutes*

Clase: *Thallobacteria*

Familia: *Microbacteriaceae*

Género: *Clavibacter*

Especie: *michiganensis*

Subespecie: *michiganensis*

Ciclo de vida

La bacteria *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, se puede encontrar en semillas, rastrojo o malezas, que ingresa ya sea por heridas de la planta o aberturas naturales, se transmite a otras plantas por contacto en los cultivos de invernadero o por la misma agua ya sea de lluvia o de riego en los cultivos a campo abierto (Peñalba, 2022). La bacteria en campo abierto se desarrolla a temperaturas de 25-30 °C y requieren periodos de alta evapotranspiración (OEPP/EPPO, 2005).

Las semillas de tomate infectadas y las plántulas son la principal fuente de brotes de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, esto es capaz de ser suficiente para causar una epidemia, los restos de plantas y hospederos alternos pueden desempeñar un papel de brotación de la enfermedad, pero es considerado menos importante, se ha demostrado que las plantas del cultivo de tomate son más susceptibles a la enfermedad (Carlton *et al.*, 1998; Huang & Tu, 2001).

El investigador (Messiaen, 1995) comentó que, si las semillas se hallan altamente contaminadas desde la siembra, puede que durante la brotación de las plántulas más de un 1% suelen salir enfermas con la bacteria, lo que puede originar que en muy poco tiempo infeste el 100% del cultivo, la bacteria sobrevive en o sobre las semillas.

La bacteria, son diseminadas por el agua del suelo, por la lluvia acarreada por el viento y las prácticas agrícolas como la poda de las plantas de tomate, así como con la maquinaria agrícola, una vez que se encuentra dentro de la planta, la bacteria llega al sistema vascular donde se desplaza y se propaga principalmente en los vasos axilares, para después salir de ellos e invadir al floema, medula y corteza, donde forma y origina el cáncer bacteriano (León *et al.*, 1982).

Ciclo de vida *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*

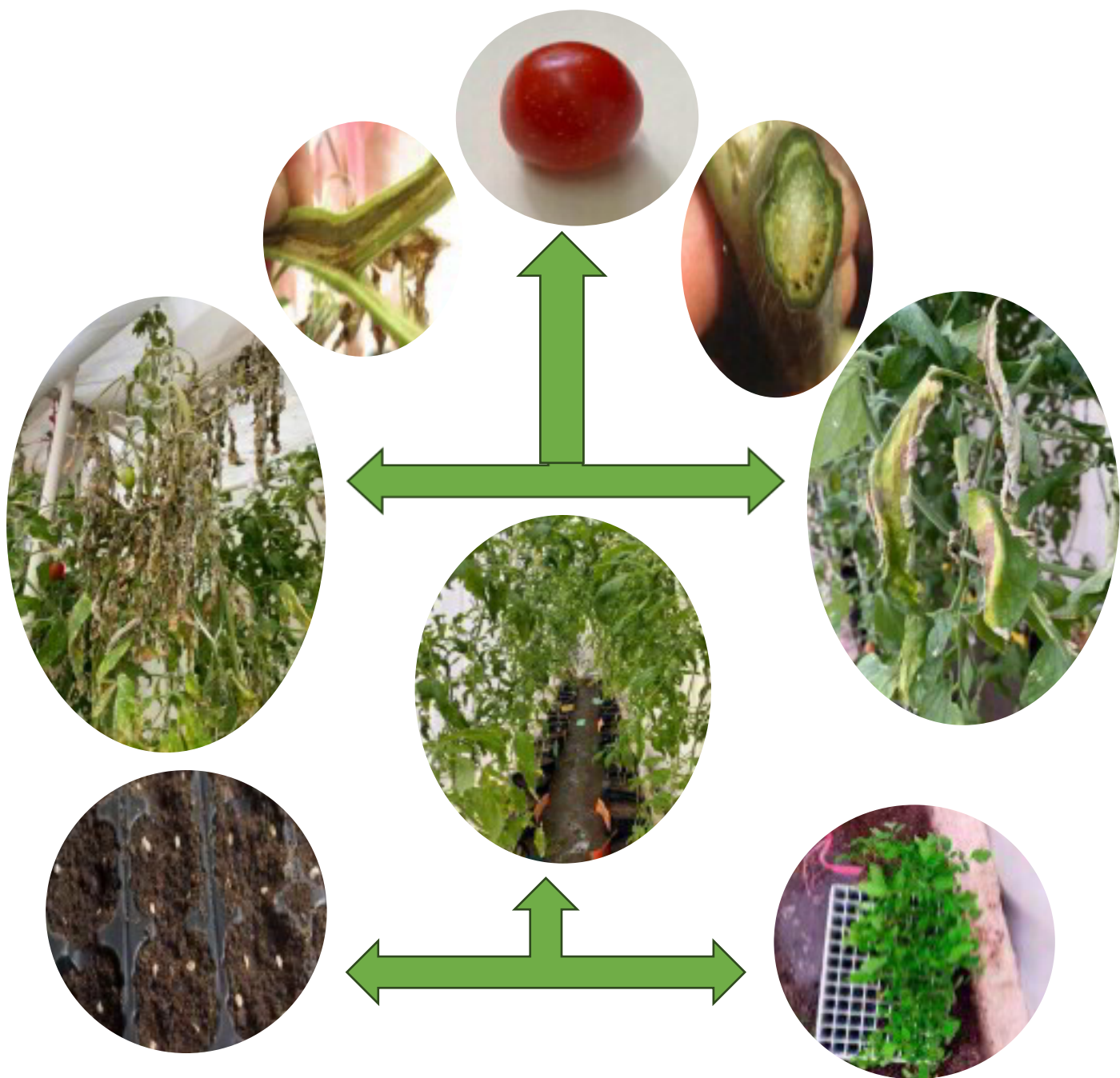


Ilustración 2: Ciclo del cáncer bacteriano, siembra de semillas, planta con síntomas, hasta la fructificación, ciclo 2023-2024 invernadero de Parasitología.

Infeción

El cáncer bacteriano, (Cmm) infecta al cultivo de tomate principalmente a través de la semilla, otra fuente de infección son restos del cultivo anterior, las infecciones secundarias son ocasionadas principalmente por labores agrícolas tales como, el riego y la poda, o el contacto de herramientas o plantas infectadas con plantas sanas (Eichenlaub *et al.*, 2006; Sen *et al.*, 2015). Una vez dentro de la planta, Cmm coloniza el xilema y de ahí coloniza otros tejidos, como el fruto y la semilla (Tancos *et al.*, 2013).

Síntomas

Los primeros síntomas de la infección de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, es el marchitamiento unilateral de las hojas, observado principalmente en las hojas más cercanas al suelo, si los frutos son infectados en una etapa temprana se desarrollan halo negro conocido como “ojo de pájaro”, a partir de ese punto, áreas de tejido muerto se le denomina canchros, donde comienza aparecer en los peciolo y tallos, uno de los síntomas que más se nota es la necrosis interna de los tallos conocida como “la declaración del tallo”, las últimas etapas de la infección dan lugar al marchitamiento de toda la planta y la muerte de la misma (Sen *et al.*, 2015).

A campo abierto, los síntomas suelen aparecer al final de la primavera o comienzo del verano, el síntoma principal es una marchites sistemática de la planta, otra de los síntomas externos es la curvatura hacia abajo (epinastia) de los folíolos más cercanos al suelo, el síntoma más claro se observa en el interior del tallo, el tejido vascular presenta inicialmente una coloración amarilla o castaña, en los estados más avanzados manifestarse desorganizado y con coloración marrón rojiza, en el exterior es habitual la formación de chancros, mejor conocido como “chancro bacteriano del tomate” (Palacio *et al.*, 2010).

Uno de los síntomas que más caracterizan, al cancro bacterino del tomate en las infección sistemática, es el marchitamiento del cultivo, como en todas las enfermedades

vasculares, a una parte de la planta o a la mitad de los folíolos, esto se puede confundir con enfermedades que son causadas por hongos, tal caso como *Fusarium* y *Verticillium*, en los tallos es muy frecuentes la formación de los canchales, los síntomas superficiales pueden ser, el enrollamiento del margen de las hojas y su posterior amarillamiento, además de pequeñas manchas de collar pálido en los tallos (Leandro *et al.*, 2011).

Las plántulas que están infectadas se mueren rápidamente o muestran los síntomas hasta que ya fueron trasplantadas y en ocasiones se presentan hasta que la planta llega a estado adulta, en la etapa de floración o producción (Lewis *et al.*, 2004).

Los síntomas de la enfermedad en el fruto de tomate se presentan en forma de pequeñas manchas blancas, aguadas y superficiales cuya parte del centro sobresale más tarde, la cual adquiere un color marrón y se vuelve rugosa, el fruto puede no formarse y caer, o madurar irregularmente, el aspecto final de las manchas es como la forma de un ojo de ahí el nombre de “ojo de pájaro”, que tiene un diámetro de 3-6 mm, las cuales son características propias de la enfermedad, también puede ocurrir una coloración amarilla en la cicatriz del cáliz (Messiaen *et al.*, 1967; Colloch, 1972; Agrios, 2005).

Los síntomas se pueden dividir en aquellos que se desencadenan durante una infección sistémica y aquellos que pueden aparecer durante una infección local, en infecciones sistémicas, los síntomas tempranos incluyen la aparición de áreas de color verde apagado y aceitoso que se secan y luego se vuelven marrones, con temperaturas de 25-30°C y una fuerte evapotranspiración, ocurre un marchitamiento reversible de las hojas que, en unos pocos días, se volverá irreversible, hojas enteras, y eventualmente toda la planta, se marchitarán y desecarán (EPPO, 2010).

Síntomas de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*



Ilustración 3: **A)** Cultivo afectado por el cáncer bacterino, **B)** amarillamiento y necrosis en hoja, **C)** lesiones en tallo inoculados por pulverización con la bacteria, **D)** lesión de la bacteria en frutos, **E)** necrosis en tallo, **F)** Pardeamiento de la zona vascular, Hernández Alex 2023-2024.

Métodos de detección e inspección

La inspección visual generalmente permitirá la detección de síntomas durante la temporada de crecimiento del cultivo, sin embargo, las plántulas suelen ser asintomáticas cuando se comercializan, y los síntomas no son visibles en las semillas por lo que se puede comercializar semillas contaminadas, las plantas para plantar deben ser inspeccionadas de acuerdo con el Estándar EPPO PM 3/77 Plantas vegetales para plantar en condiciones protegidas o inspección de lugares de producción (EPPO, 2016). Mientras que la toma de muestras de semillas para pruebas debe seguir el EPPO PM 3/80 Inspección de consignaciones de semillas de *Solanum lycopersicum* (EPPO, 2021).

Distribución Geográfica

El cáncer bacteriano en el cultivo de tomate fue identificado por primera vez en unos invernaderos de tomate en Michigan EE. UU. en 1909 y ahora lo podemos encontrar distribuida en África, Asia, Europa, América del norte y América del sur, a mediados de los siglos XX, el incremento del comercio internacional de semillas de tomate ha causado que *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, se propague dentro y entre continentes (EPPO, 2022).

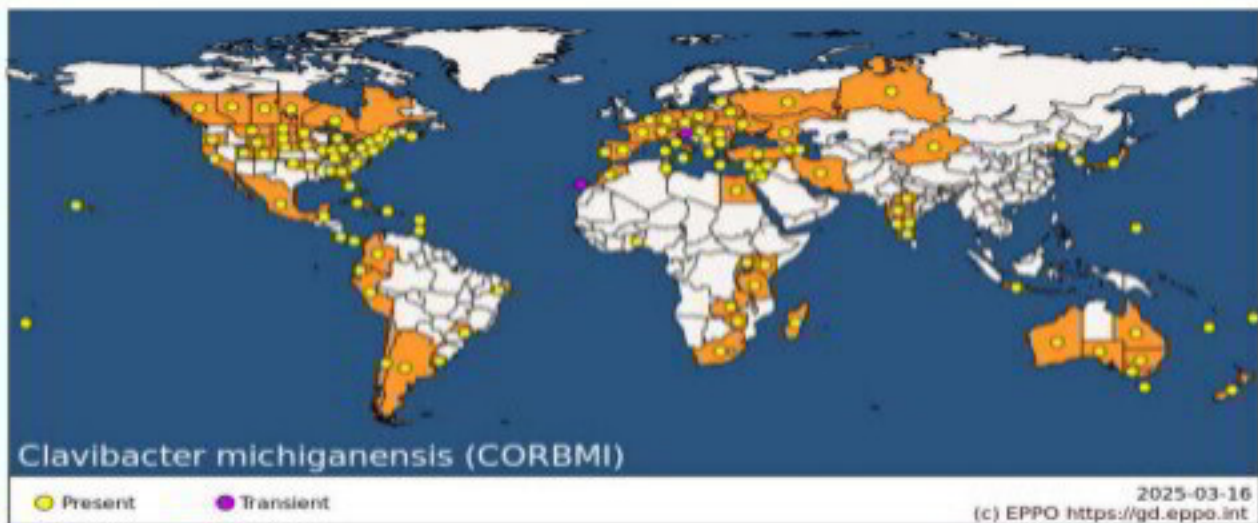


Ilustración 4: Distribución mundial de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (EPPO, 2022).

Importancia

A nivel mundial la enfermedad conocida como cancro o cáncer bacteriano, causada por *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (Davis *et al.*, 1984). Es considerada como la patología bacteriana de mayor importancia debido a los efectos destructivos que tiene sobre el cultivo de tomate, disminuyendo la cantidad y la calidad de los frutos, así como matando a la planta por completo (Borboa *et al.*, 2009). Donde puede llegar a causar la pérdida del 50% hasta el 100% del cultivo según (EFSA, 2014).

La importancia de la enfermedad se debe, a los daños que logra ocasionar en el cultivo, ya que en ataques graves ocasión la muerte de la planta, y por otro lado a su difícil manejo, durante los labores culturales el patógeno se disemina fácilmente, una pequeña cantidad de semillas infectadas es capaz de producir un alto porcentaje de plantas enfermas en el cultivo (Vegetal, 2006). La enfermedad bacteriana es uno de los problemas fitopatológicos más difícil de controlar y manejar en el cultivo de tomate, dado a su alta posibilidad de multiplicarse cuando existe condiciones favorables (Donoso *et al.*, 2002).

El cáncer bacteriana del cultivo de tomate es una enfermedad cuarentenaria para la cual no tenemos métodos eficientes para su control, actualmente no existe en el mercado alguna variedad comercial o tratamiento eficiente para el control de la enfermedad (Angulo *et al.*, 2021). El cultivo de tomate es uno de los productos hortícolas más importantes a nivel mundial, con producciones valoradas en \$88 millones de dólares anuales, México ocupa el lugar número 10, de los mayores productores a nivel mundial, sin embargo, la producción se ve afectada por la bacteria *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, ya que es la responsable de las mayores pérdidas en la producción (Ramírez T, 2017).

Manejo de la enfermedad

Al ser una enfermedad que se trasmite por semillas, el principal método de control se basa en la utilización de semillas libres de patógenos, la legislación Europea estableció en Directiva 200/29/CE del consejo del 8 de mayo, dio diversas medidas de control para garantizar la producción, así como la venta de semillas no infectadas, aunque las semillas este certificadas no garantiza que estén libres del patógeno, por ellos se puede dar un tratamiento hidrotérmico a 50 °C durante 25 min, el tratamiento está comprobado que logra eliminar a las bacterias completamente de las semillas y no causa efectos dañinos en la germinación de la semilla (Leandro *et al.*, 2009; EPPO, 2010).

El uso de semillas sanas o certificadas es el primer paso y el más importante para el control de la enfermedad, los lotes de semillas tiene que ser probados en laboratorios para detectar la presencia de la bacteria, los semilleros donde se ponga a germinar la semilla, tiene que contar con las medidas sanitarias necesarias para evitar que se contamine las plántulas, por lo que se recomienda usar sustratos esterilizados y el personal que realice la siembra se desinfecte las manos con una solución de ácido acético (EPPO, 2010; Dhanvantari.,1989).

Estatus normativo de la enfermedad

La enfermedad en México se encuentra regida por NOM-007-1995, que establece los requisitos fitosanitarios y específicos para la importancia de material vegetal propagativo, con el fin de prevenir la introducción, diseminación y establecimiento de enfermedades cuarentenarias al territorio nacional (Norma, 2012).

En la temporada del (2005), los cultivos de tomate presentaron una enfermedad bacteriana con canchales en los tallos y algunas lesiones en forma de ojo de pájaro en los frutos, estos síntomas aparecieron en campos comerciales e invernaderos, el primer reporte de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, se dio en los invernaderos de San Quintín y San Simón, cerca de la región central de la península de Baja California en México, también se detectó el cancro bacteriana en los estados de Sonora y México,

bajo diferentes modalidades de producción (campo abierto, invernaderos, casa sombra), (Holguín *et al.*, 2006; Borboa *et al.*, 2009).

Control cultural

Como cualquier enfermedad para un control adecuado se requiere, el conocimiento del agente causal, sus hábitat, sintomatología y mecanismo de dispersión, actualmente se desconoce un control eficiente para el cáncer bacteriano, el uso de variedades resistentes han limitado el crecimiento de la población de la bacteria, así como también la desinfección del personal y las herramientas en los labores culturales (poda, tutoro, riego), desinfectar las áreas donde se sembrara el cultivo, es el mejor método conocido hasta hora para el control *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (Werner *et al.*, 2002).

Una vez que la enfermedad se presenta en el cultivo, se debe tener estrictas medidas de higiene tales como, la erradicación completa de las platas y el aislamiento de las hileras infectadas, acompañadas de desinfección de estructuras y equipo que minimicen las pérdidas de producción (CABI Y EPPO, 1999).

Control biológico

El control biológico o biocontrol, según la decisión de Cook y Baker en 1983, esto apareció como una alternativa para minimizar los daños causados por los patógenos y reducir el uso de productos químicos, además de reducir el costo esto con respecto al control tradicional y no presenta efectos negativos al medio ambiente (Sarandón, 2014).

El control biológico se basa en la incorporación de microorganismos benéficos que se puedan establecer, interacciones antagónicas con el patógeno o mejorar el mecanismos de defensa del hospedero, se han reportado resultados positivos del uso de *Trichoderma* spp, sobre el crecimiento y productividad en diversas especies hortícolas (Rolleri *et al.*, 2008; Grondona *et al.*, 1997).

En el siglo pasado, los agricultores dependían en gran medida de fertilización químicas y pesticidas para aumentar la productividad de las plantas, sin embargo, la contaminación ambiental causada por el uso excesivo y mal uso de los agroquímico, en consecuencia a eso algunos investigadores de plagas y enfermedades se han enfocado, a desarrollar insumos alternos a los productos químicos sintéticos para el control de plagas y enfermedades, el organismo que suprime la plaga o patógeno se denomina agentes de control biológico, Según los miembros del Consejo Nacional de Investigación de EE. UU., "El control biológico es el uso de organismos naturales o modificados, genes o productos génicos, para reducir el efecto de organismos indeseables y favorecer organismos deseables como cultivos, insectos benéficos y microorganismos," (Seung Ji *et al.*, 2013).

El control biológico es la regulación de especies dañinas para el hombre, tales como las plagas y enfermedades de la agricultura, con elementos que se encuentra en la naturaleza, el control biológico de enfermedades normalmente se usan organismos específicos, antagonistas del patógeno, limitando así la iniciación y propagación de las enfermedades, los fundamentos de este control son aquellos que regulan los ciclos naturales de la población, biológicos y abióticos entre especies y las relaciones ecológicas donde pretendemos restablecer el equilibrio natural (Anomino, 2002).

Bacillus amyloliquefaciens

Es una bacteria aerobia, gram-positiva, con forma de bastón, formadora de esporas ovaladas, se encuentra comúnmente en el suelo, el aire y los alimentos, su tamaño varía entre 0.5 y 10 μm , su crecimiento ocurre en un pH neutro (Zalila *et al.*, 2023).

Bacillus amyloliquefaciens es una bacteria del suelo no patógena para las plantas. Al igual que en otras especies *Bacillus amyloliquefaciens* es capaz de producir endosporas que le permite sobrevivir durante largos períodos de tiempo. La especie también muestra algunas propiedades antifúngicas que son influenciados por la disponibilidad de nitrógeno del medio ambiente (Muradian, 2015).

Los microorganismos, tales como los rizobacterias promotores del crecimiento de las plantas, pertenecientes al orden *Bacillales*, son reconocidos por su actividad antagonista sobre hongos fitopatógenos, *B. amyloliquefaciens* de la familia *Bacillaceae*, producen resistencia sistemática inducida en la planta huésped y es capaz de generar una variedad de compuestos antimicrobianos, son eficientes en el control de enfermedades ocasionadas por algunas especies fitopatógenas de oomicetos y hongos (López., 2022).

Mecanismo de acción de *Bacillus amyloliquefaciens*

La bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* al ser habitantes del suelo se establecen por si solas en las raíces de los cultivos, esta bacteria actúa de diversas formas para control de hongos y promover el crecimiento de los cultivos, al igual que otras especies de *Bacillus* es capaz de producir endosporas que le permiten sobrevivir durante largos periodos de tiempo (Díaz, 2021). Una opción potencial al uso de productos químicos como acción oomiceticida para el control de *Phytophthora capsici* en vegetal, es el uso de metabolitos antimicrobianos, biosintetizados en especies de *Bacillus* (López, 2022).

Algunas especies de *Bacillus*, son promotoras de crecimiento vegetal, son microorganismos reconocidos como agentes de control biológico, formando estructuras de resistencia denominada endospora, que le permite sobrevivir en ambiente hostiles, sus mecanismos de acción se pueden dividir en, (producción de compuestos antimicrobianos, como son péptidos de síntesis no ribosomal (NRPs) y policétidos (PKs); producción de hormonas, capacidad de colonización, formación de biopelículas y competencia por espacio y nutrientes; síntesis de enzimas líticas como quitinasas, glucanasas, proteasas y acil homoserin lactonasas (AHSL); producción de compuestos orgánicos volátiles (VOCs); e inducción de resistencia sistémica (ISR), todos estos mecanismos han sido reportados en literaturas y diversos estudios, principalmente hechos a nivel *in vitro* (Pedraza *et al.*, 2020).

Clasificación taxonomía

Reino: *Bacteria*

Filo: *Firmicutes*

Clase: *Bacilli*

Orden: *Bacillales*

Familia: *Bacillaceae*

Género: *Bacillus*

Especie: *amyloliquefaciens*

(ITIS, 2014).

Trichoderma harzianum

T. harzianum es un hongo de vida libre comunes en ecosistemas de suelos y las raíces, es una especie de hongo benéfico utilizado habitualmente en agricultura y hortalizas por sus diversas propiedades benéficas, promueve el crecimiento de las plantas, mejorar su salud y suprime a las enfermedades, coloniza los sistemas radiculares, (Romero *et al.*, 2009; Harman *et al.*, 2004). Los hongos del género *Trichoderma* son saprofitos de crecimiento muy rápido, la especie se encuentra ampliamente distribuida, el género *Trichoderma* se describo por Persoon en 1794, Rifai en 1969 lo reviso y propuso nueve especie agregando a *Trichoderma* (Cortes, 2023).

Trichoderma se caracteriza por ser un hongo saprofitos, que sobrevive en suelos con diferentes cantidades de material orgánico, los cuales son capaces de descomponer y en determinar condiciones puede ser anaerobios facultativos, dentro de los ascomycetes, encontramos organismos de gran importancia económica, algunos a manera de patógenos y otros como controladores biológicos, dentro de estos encontramos el género *Trichoderma spp*, que ha demostrado tener gran agresividad contra diversos hongos (Romero *et al.*, 2009; Infante *et al.*, 2009).

Mecanismo de acción *Trichoderma harzianum*

El género *Trichoderma* se destaca entre los hongos más utilizados para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo, esta especie tiene diferentes modos o mecanismos de acción que le permite el control de los fitopatógenos, los mecanismos son competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno, resistencia inducida entre muchas más (Infante *et al.*, 2009).

Los mecanismo de acción del género *Trichoderma*, se fundamenta en tres tipos, competencia directa por espacio o los nutrientes, fungistasis mediante producción de metabolitos secundarios de naturaleza volátil o no volátil y parasitismo directo, este género está catalogado entre los agentes de control biológico más eficiente (Benítez *et al.*, 2004; Guédez *et al.*, 2012).

Entre los mecanismos de acción indirecta, se encuentra aquel que involucra la promoción del crecimiento de las plantas. *Trichoderma* posee la capacidad de reconocer y penetrar las primeras capas de células de las raíces de las plantas, así como también puede producir metabolitos semejantes a las citoquininas, mejorando de este modo el crecimiento y desarrollo de las raíces, la productividad de los cultivos, la resistencia al estrés abiótico, la absorción y el uso de nutrientes (Benítez *et al.*, 2004).

Las especie *Trichoderma harzianum*, ha sido hasta el momento el hongo antagonista más utilizado en el control de enfermedades de las plantas, poseen una alta capacidad para disminuir las infecciones causadas por un amplio número de patógenos tales como: *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, *Fusarium roseum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii.*, *Sclerotinia spp.*, *Pythium spp.* *Phytophthora spp.*, *Alternaria spp.*, entre otros, las resistencias que induce *T. harzianum* aumenta la expresión de genes relacionados con la defensa en toda la planta (Martínez *et al.*, 2013; Harman *et al.*, 2004).

Clasificación taxonomía

Reino: *Fungi*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Pezizomycotina*

Clase: *Sordariomycetes*

Orden: *Hypocreales*

Familia: *Hypocreaceae*

Género: *Trichoderma*

Especie: *harzianum*

(Rifai, 1969)

Control químico

El cancro bacteriano del cultivo de tomate causado por la bacteria *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, es de difícil control, por lo que deben realizarse varios manejos empezando por el cultural y el químico de carácter preventivo, algunos productos más usados para tratar de combatir a esta bacteria son: Oxicloruro de cobre, Hidróxido de cobre, Sulfato de cobre pentahidratado y rotar con antibióticos, estreptomycin + oxitetraciclina, kasugamicina, que nos ayudan a prevenir la propagación de la bacteria en nuestro cultivo (Guerra *et al.*, 2008).

Generalmente, las enfermedades en las plantas se controlan con altas dosis y frecuencia de aplicación de fungicidas sistémicos, esto ocasiona que eliminen una gran cantidad de microorganismos y reduciéndola biodiversidad (Sarandón *et al.*, 2014). El control químico es el principal método de manejo de plagas y enfermedades, puede ser una medida de control de rápida acción y de emergencia (Mejía, 1999).

Canarias en los años 2002 y 2004, coincidieron con las compañías de máxima expansión, con combatir la enfermedad del cancro bacterino, productos antibacterianos autorizados o bien con los que contaban con referencia para hacer frente a *C. michiganensis subsp. michiganensis*, entre los productos recomendados se incluían ditiocarhamatos como mancozeb, fosfonatos, derivados cúpricos, quinoso (8-hidroxi-guinolina) o antibióticos como kasugamicina (BOC, 2003), además de incluyeron formulaciones con propiedades bacterianas, que no estaban registradas como fitosanitarias, pero también fueron recomendadas para el control de la enfermedad (León *et al.*, 2009).

Cuprimicina Agrícola 5%

Es un bactericida agrícola, polvo soluble, el antibiótico penetra en el interior de la planta a través de las hojas, en concreto a través de los estomas, trasbocándose rápidamente al resto de los tejidos; a la célula bacteriana accede por difusión pasiva y transporte activo. Su campo de actividad es muy efectivo en el control de: Tizón del fuego (*Erwinia amylovora*). En mezcla con estreptomycin controla: agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*), mancha angular del frijol (*Pseudomonas savastanoi pv. phaseolicola*), mancha bacteriana del tomate (*Xanthomonas vesicatoria*), marchitez bacteriana de la papa (*Ralstonia [Pseudomonas] solanacearum*), marchitez bacteriana (*Pseudomonas sp.*), pudrición bacteriana; entre otras enfermedades (Rivera *et al.*, 2022).

Modo de acción

Antibiótico bacteriostático de amplio espectro que ejerce su acción por inhibición de la síntesis proteica impidiendo la relación codón-anticodón bajo la dirección del ácido ribonucleico mensajero, el antibiótico penetra en el interior de la planta a través de las hojas, en concreto, a través de los estomas translocándose rápidamente al resto de los tejidos, a la célula bacteriana accede por difusión pasiva y transporte activo (Cuprimicina, 2021).

Defense

D-FENS GR promueve la producción de diversos metabolitos que activan la defensa natural de las plantas, es de fácilmente absorbido y distribuido por toda la planta debido a su movimiento ascendente y descendente, actúa como un estimulante del crecimiento gracias a su formulación y a sus componentes orgánicos, es compatible con la mayoría de los agroquímicos normalmente utilizados, excepto con algunas formulaciones a base de cobre y calcio (Cosmocel, 2015).

Modo de acción

- Acelerar y uniformizar el establecimiento del cultivo después del trasplante.
- Reducir la pérdida de plántula después del trasplante.
- Aumentar el amarre de fruto.
- Reforzar fructificación.
- Fortalecer los mecanismos de defensa de la planta, particularmente contra tizones, pudriciones radiculares, cenicillas vellosas y royas blancas, ocasionadas por Omycetos (Cosmocel, 2015).

Argemone mexicana

Es considerada como una de las especies de planta más importantes en la medicina tradicional, es una hierba originaria de México, es una especie pantropical ampliamente distribuida en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Martínez, 2016). Las enfermedades fúngicas pueden causar pérdidas significativas en el cultivo de tomate, los extractos vegetales a base de malezas son una alternativa ecológica prometedora para el control de enfermedades, el extracto de *A. mexicana* contiene doce compuestos, la mayoría con propiedades antifúngicas y bioestimulantes (Hernandez *et al.*, 2024).

Con frecuencia los cultivos agrícolas han sido afectados por enfermedades que son ocasionadas por agentes fitopatógenos, el método más usado en la actualidad es el uso de productos químicos, se buscan alternativas al uso de los agroquímicos, dado que el uso inadecuado ha generado daños ecológicos irreversibles, el uso de extractos vegetales representa una alternativa a los métodos de control tradicional, ya que son amigables con el medio ambiente (Hernandez, 2023).

Los extractos naturales de plantas y los antagonistas microbianos tienen el potencial de usarse para aumentar la resistencia fúngica y la productividad de las plantas hortícolas (Hassan *et al.*, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

Las investigaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fítopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el establecimiento del cultivo se desarrolló en el invernadero del Departamento de Parasitología de la misma institución ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

El experimento se realizó en dos etapas una que consta en la preparación de las cepas de *Clavibacter*, *Bacillus* y *Trichoderma* en Laboratorio de Parasitología, la otra consta en el establecimiento del cultivo en invernadero.

Etapa en invernadero

El experimento se estableció en el invernadero de Parasitología que se encuentra ubicado a (25°21'08.01" N y 101°01'38.00" O a 1788 m.s.n.m) que pertenece a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mejor conocida como la (UAAAN).

Se inició con la visita al invernadero para darle mantenimiento el área donde se estableció el cultivo.



Ilustración 5: Invernadero de Parasitología, donde se realizó la investigación, (UAAAN 2023).

Material vegetal utilizado

Se utilizaron 48 plántulas de tomate de la variedad Lubino que fueron proporcionadas por el asesor de tesis, al igual se usaron bolsas de plástico de color negro de 5 kg de capacidad.

Trasplante del cultivo

El trasplante fue realizado el día 26 de Abril de 2023, donde se plantaron dos plántulas por macetas de 5 kg con una mezcla de suelo pasteurizado, perlita donde se usó un enraizador (Rootex) para estimular el crecimiento de las raíces del cultivo.



Ilustración 6: Trasplante de las plántulas a las macetas con sustrato, usando dos plántulas por maceta. Invernadero de Parasitología, 2023.

Riego y tutorado de las plántulas

El riego se estuvo haciendo manualmente tres veces por semana, durante las mañanas evitando las temperaturas altas del día. A los 20 días después del trasplante cuando la planta presentó un desarrollo de vegetal deseada, se comenzó a hacer el tutorado y el sostenimiento de la plántula, que consistió en colocar alambres en la casa sombra para poder sujetar la rafia, posteriormente sujetando la rafia de la parte inferior del tallo, haciendo un amarre de sostenimiento.

Poda de brotes axilares o “chupones”

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse semanalmente, cuando tienen de 3 a 5 cm, para evitar la pérdida de nutrientes de nuestra planta.

Despunte

Esta poda permite detener el crecimiento de la planta, y se debe realizar una vez que se haya determinado el número de racimos que se quiere producir.



Ilustración 7: Tutoreo inicial de la planta de tomate para formación de los tallos guías. Invernadero de Parasitología, 2023.

Etapa de laboratorio

La preparación de extractos, medios de cultivo y la reactivación de *Cmm*, *T. harzianum*, *B. amyloliquefaciens*, se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología.



Ilustración 8: Departamento de Parasitología de la UAAAN, donde se llevó a cabo la etapa de Laboratorio.

Preparación de medios de cultivos

El medio PDA (papa dextrosa agar) se preparó disolviendo 7.8 grs de PDA en un matraz Erlenmeyer con 200 ml de agua destilada, se colocó sobre el mechero de gas, donde se ocupó la parrilla y la rejilla de asbesto, se calentó agitando, evitando la ebullición hasta que el PDA se disuelva por completo, autoclavar a 120 °C durante 15 minutos, después de eso la llevamos en la campana de flujo laminar para poder vaciar la solución en cajas Petri.

Para el medio AN (agar nutritivo) se realizó el mismo procedimiento disolviendo 4.6 grs de AN en 200 ml de agua destilada.



Ilustración 9: Preparación de los medios de cultivo, que se usaron para la siembra de *Trichoderma* y *Bacillus*. Depto. Parasitología 2023.

Obtención de las cepas de *Trichoderma* y *Bacillus*

Las cepas de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens*, fueron proporcionadas por el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología en Agosto de 2023; para el crecimiento de las colonias, las cepas se reactivaron en cajas Petri con medios de Papa Dextrosa Agar y Agar Nutritivo (PDA Y AN) y se mantuvieron a 28 ° por siete días.

Reproducción de la bacteria *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*

Se obtuvo la bacteria *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* pura de una cepa ya caracterizada bioquímica y molecularmente, proporcionada por el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología.

Una vez teniendo la bacteria ya caracterizada se procedió a reproducirla masivamente en medio de cultivo (KB) para después ser inoculada en la planta con ayuda de un palillo de madera según fuera el caso del tratamiento.

Establecimiento del experimento

Para llevar a cabo este experimento se realizaron ocho tratamientos: dilución con cepas *Trichoderma harzianum* (Th), dilución con cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* (Ba), tratamiento patógeno (Tp), dilución con cepas de *Trichoderma* + *Bacillus* (Th+Ba), producto comercial Cuprimicina (bactericida) (Cup), extractos de *Argemone mexicana* (Am), producto comercial Defense (bactericida) (Def), testigo absoluto (Ta).

Preparación de los extractos de los microorganismos

Para la preparación de los extractos, se usaron dos cepas, una de *Trichoderma harzianum* y la otra de *Bacillus amyloliquefaciens*. Se cultivaron en matraces Erlenmeyer 1000 ml con medio de cultivo caldo papa dextrosa adicionados con extracto de levadura. Se inoculó con un disco de micelio y conidios de 48 horas de edad para la cepa de *Trichoderma* y un asada para el caso de *Bacillus*. Los extractos se mantuvieron en oscuridad a temperatura ambiente para su conservación. Posteriormente se pasaron por una licuadora para fraccionar finamente el micelio e integrarlos con 10 cajas más de *Bacillus* y *Trichoderma*. En el caso del extracto hidroalcohólico de *Argemone mexicana* fue proporcionado por el Asesor de tesis.

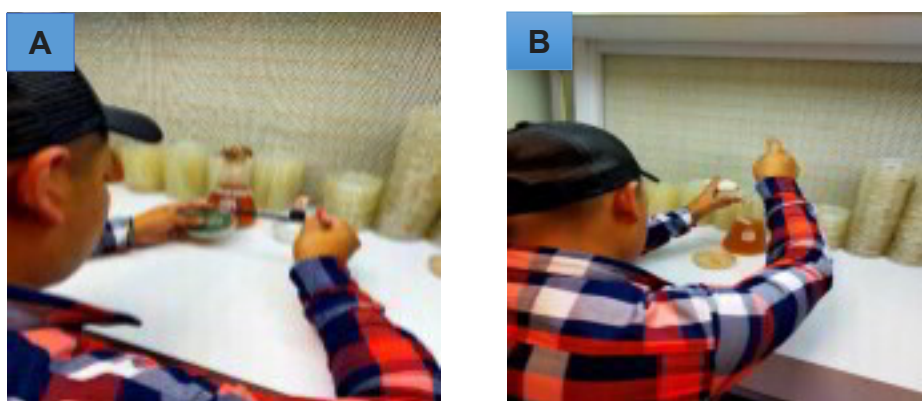


Ilustración 10: (A) siembra de *Trichoderma harzianum*, (B) y *Bacillus amyloliquefaciens*, en matraces Erlenmeyer de 1000 ml, en la campana de flujo laminar. Depto. Parasitología 2023.

Inoculación de la bacteria a plantas sanas

La inoculación fue realizada a los 133 días después del trasplante, con ayuda de una licuadora procedimos a mezclar los extractos de *Trichoderma* y *Bacillus* en el laboratorio de parasitología con 10 cajas de *Trichoderma* sembrados en PDA y para *Bacillus* 10 cajas sembrados en AN, esto se realiza a lado de un mechero para evitar su contaminación.

Los tratamientos se realizaron en tres aplicaciones, la primera se realizó dos horas antes de la inoculación con el fitopatógeno, con ayuda de una jeringa se depositaron 20 mL de los extractos de *Bacillus* y *Trichoderma* directamente al tallo de la planta. La inoculación del fitopatógeno fue realizada con ayuda de palillos de madera completamente esterilizados, donde se colocaron tres palillos por planta infectados por la bacteria, colocados directamente a la zona axilar del tallo en el estrato bajo, medio y alto. El segundo tratamiento fue realizado a los ocho días después de la primera aplicación y la tercera aplicación fue realizada igual a los ocho días posterior de la segunda aplicación. Las aplicaciones se realizaron con una aspersora manual con las dosis recomendadas

Los tratamientos estudiados fueron:

<i>Tratamientos</i>	<i>Dosis</i>	<i># de aplicaciones y lugar donde se aplicó.</i>
<i>T1- Th</i>	20 mL	3 aplicaciones a la raíz
<i>T2- Ba</i>	20 mL	3 aplicaciones a la raíz
<i>T3-Tp</i>	0	0
<i>T4-Th+Ba</i>	20 mL	3 aplicaciones a la raíz
<i>T5-Cup</i>	0.2 grs en 100 mL	3 aplicaciones al follaje
<i>T6-Am</i>	5 mL en 100 mL	3 aplicaciones al follaje
<i>T7-Def</i>	1.3 grs en 100 mL	3 aplicaciones al follaje
<i>T8-Ta</i>	0	0

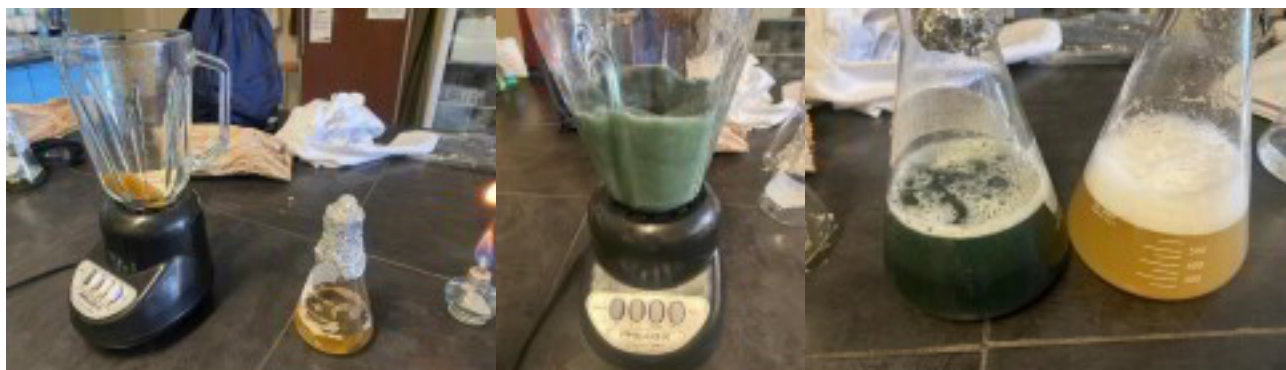


Ilustración 11: Integración de los extractos de *Trichoderma* y *Bacillus*, que se usaron en los tratamientos. Depto. Parasitología 2023.



Ilustración 12: Aplicación de los tratamientos dos horas antes de la inoculación de la bacteria. Invernadero de Parasitología, 2023.



Ilustración 13: inoculación a las plantas de tomate con un palillo esterilizado, se le colocaron tres palillos por planta, colocándolos en zona axilar del tallo. Invernadero de Parasitología, 2023.

Parámetros evaluados

Los parámetros por considerar en este experimento fueron los siguientes:

Rendimiento por planta:

Se recolectaron los frutos de cada uno de los tratamientos evaluados y se llevaron al laboratorio donde se pesaron en una balanza analítica todos los frutos por tratamiento.

Severidad de marchitez:

La severidad de marchitez se evaluó de la siguiente manera: Escala débil (una hoja marchita por planta), moderado (dos a cuatro hojas marchitas por planta) y severo (más de cuatro hojas marchitas por planta o planta muerta) (Chalupowicz *et al.*, 2017).

Peso de biomasa:

Con ayuda de una navaja se realizó un corte al tallo a nivel superior del sustrato, se retiró el tutor y se llevó al laboratorio de fitopatología donde posteriormente con una balanza analítica se pesó cada planta del tratamiento y repetición.

Peso de raíz:

Con ayuda de una balanza analítica, se tomaron las medidas del peso de las raíces de las plantas de los diferentes tratamientos.

Longitud de la raíz:

Con ayuda de una cinta métrica se tomaron las medidas de la longitud de cada raíz.

Diámetro polar y ecuatorial:

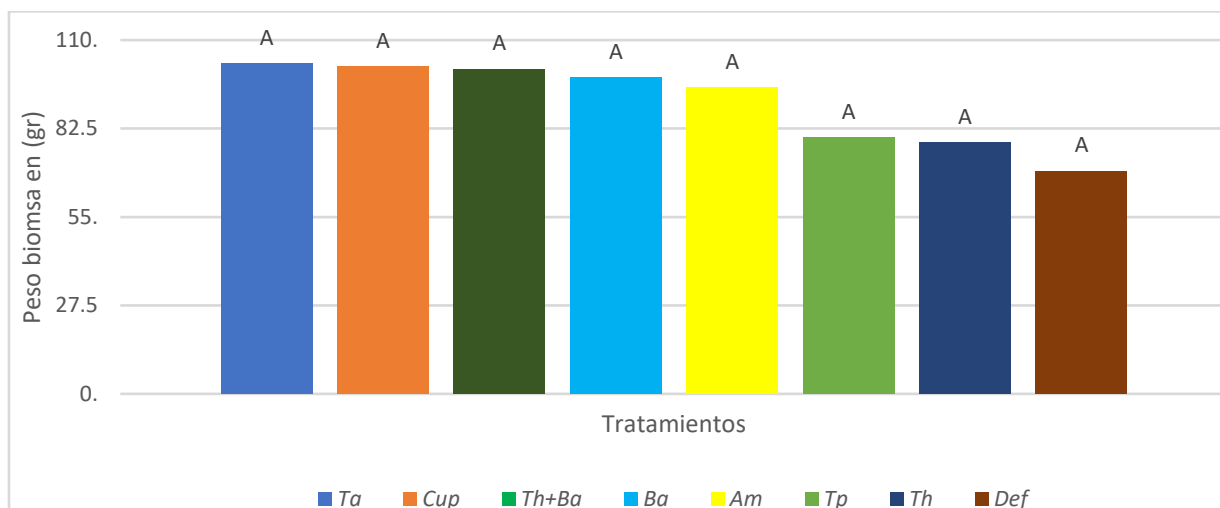
Con ayuda de un vernier se tomaron las medidas con respecto al Diámetro polar y ecuatorial de los frutos, se seleccionaron tres frutos que estuvieran en un tamaño promedio con buena apariencia y con un grado de madurez uniforme de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectividad de extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana* y microorganismos antagonistas en relación con la producción de biomasa en el patosistema *Solanum lycopersicum*

En la gráfica. 1 se puede observar los tratamientos más sobresalientes con relación a la mayor producción de biomasa en comparación con las plantas inoculadas con el patógeno, destacando el testigo absoluto, la aplicación de cuprimicina y la mezcla de *Trichoderma* + *Bacillus*, seguidos por los tratamientos de *B. amyloliquefaciens* y *A. mexicana*.

Los valores más bajos se obtuvieron en *T. harzianum* y Defense que estuvieron presentando la menor biomasa. Al respecto Rivera *et al.* (2022) evaluaron *in vitro* ocho bactericidas comerciales en la concentración recomendada en la etiqueta, para el control de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, donde sobresalieron los productos sulfato de Estreptomina y Cuprimicina los cuales lograron disminuir el crecimiento de la bacteria a un 19 y 18 % con respecto al testigo. Por otro lado, Calderón (2023) afirmó que el extracto etanólico de *A. mexicana* tuvo un efecto positivo por encima de los 350 gr en el peso fresco de la biomasa sobre los demás tratamientos en plantas de tomate de la variedad Río grande. Castro *et al.* (2019) mencionaron que, el género *B. amyloliquefaciens* en ausencia de *Fusarium verticillioides* incrementa el peso fresco del fruto, diámetro de tallo y el peso seco de biomasa aérea en comparación con el testigo en el cultivo de maíz.

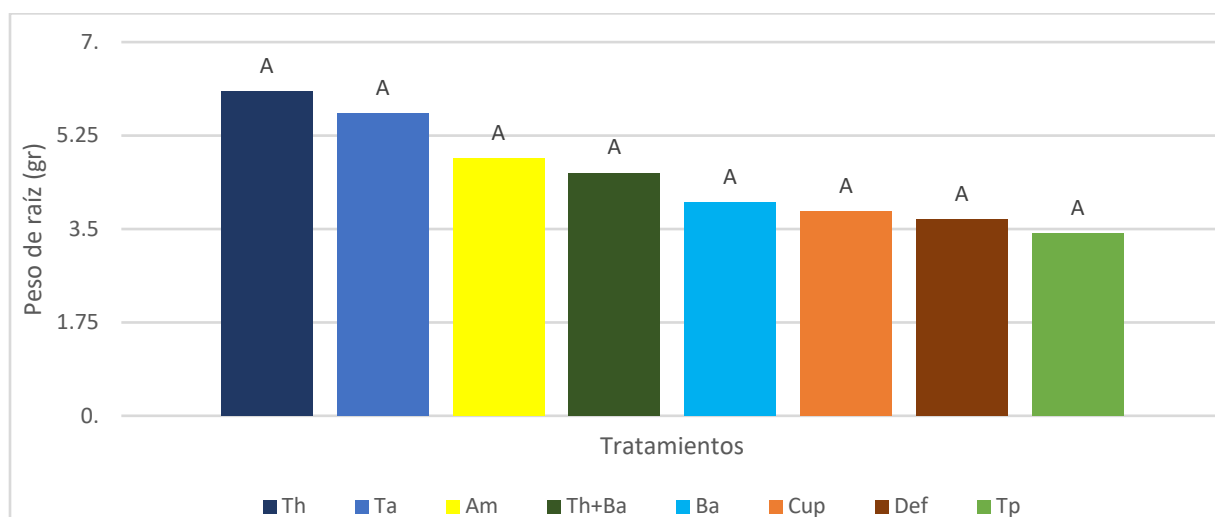


Gráfica 1. Comparación de medias de los resultados de producción de biomasa en el cultivo de tomate bajo invernadero.

Efecto de los extractos biológicos y botánicos en la promoción del peso radicular

Los resultados del peso de raíz se muestran en la gráfica 2, se observa que el tratamiento inoculado con *T. harzianum* presentó el mayor peso de raíz en comparación con el testigo inoculado solo con el patógeno el cual obtiene el valor más bajo. Entre los mecanismos de acción de *T. harzianum* podemos destacar la capacidad de reconocer y penetrar las primeras capas de células de la raíz, así como también puede producir metabolitos semejantes a las citoquininas, mejorando el crecimiento y desarrollo de las raíces (Benítez *et al.*, 2004).

Es notorio que el testigo absoluto le sigue al tratamiento de *T. harzianum*, así como también el tratamiento de *Argemone mexicana*. Por su parte, Jiménez *et al.* (2011) evaluaron la capacidad de *T. harzianum* en la promoción de crecimiento, lo cual observó que al aplicar *T. harzianum* en semillas, hubo plantas con mayor longitud, masa fresca y seca, longitud de raíces y mayor masa radicular. Santana *et al.* (2016) afirmaron que las semillas tratadas con *T. harzianum*, tuvieron un mayor peso radicular del cultivo. En el mismo contexto, Calderón (2023) evaluó que el extracto etanólico de *A. mexicana* tuvo un mayor efecto sobre el testigo y el producto comercial en el peso radicular de plantas de tomate.

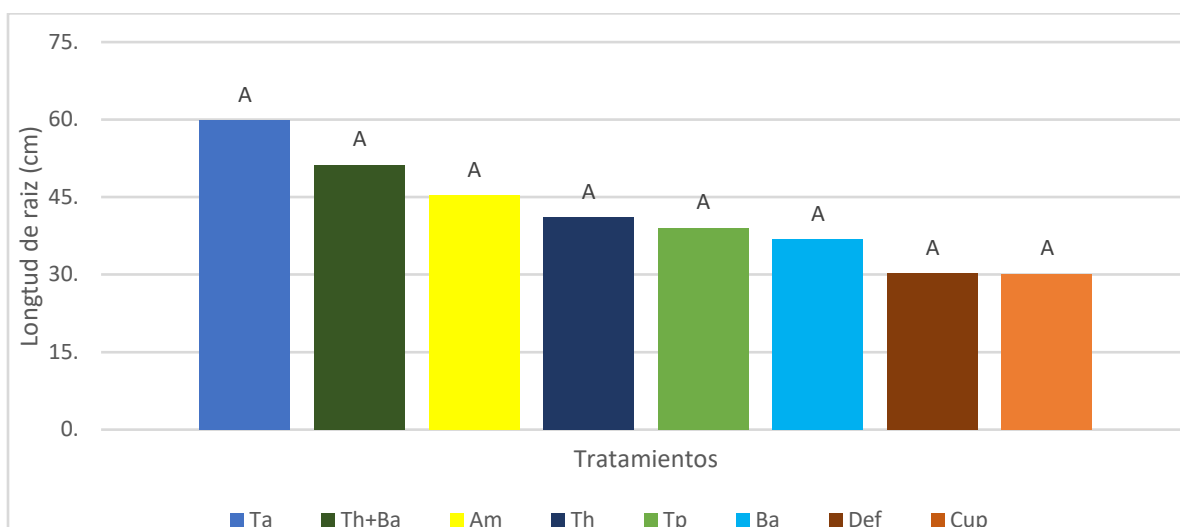


Grafica 2. Efectos de los extractos biológicos y botánicos en el peso radicular de plantas de tomate bajo invernadero.

Efecto en la longitud de raíz con extractos de *A. mexicana* y extractos biológicos

Los resultados que se muestran en la gráfica 3, se puede observar que los tratamientos testigo absoluto y la mezcla de *Trichoderma* + *Bacillus* fueron los que mayor desarrollo radicular tuvieron a comparación del testigo patógeno. Seguidos por los tratamientos *A. mexicana* y *T. harzianum* que tuvieron el 16% y 5% respectivamente, en la promoción de crecimiento radicular ha comparación del testigo patógeno.

Nucamendi , (2015) evaluó la inoculaciónn de *B. amyloliquefaciens* + *T. longibrachiatum* en esquejes de caña de azúcar de la variedad Mex 69-290, donde obtuvo el 25% más del crecimiento radicular a comparación del testigo. Por su parte, Díaz (2023) en una investigación que realizo encontró que los extractos etanólicos de *H. patens* y *A. mexicana* presentaron un crecimiento del 49% y del 41% más sobre el testigo, todo esto en la promoción de crecimiento de raíz en plantas de tomate.

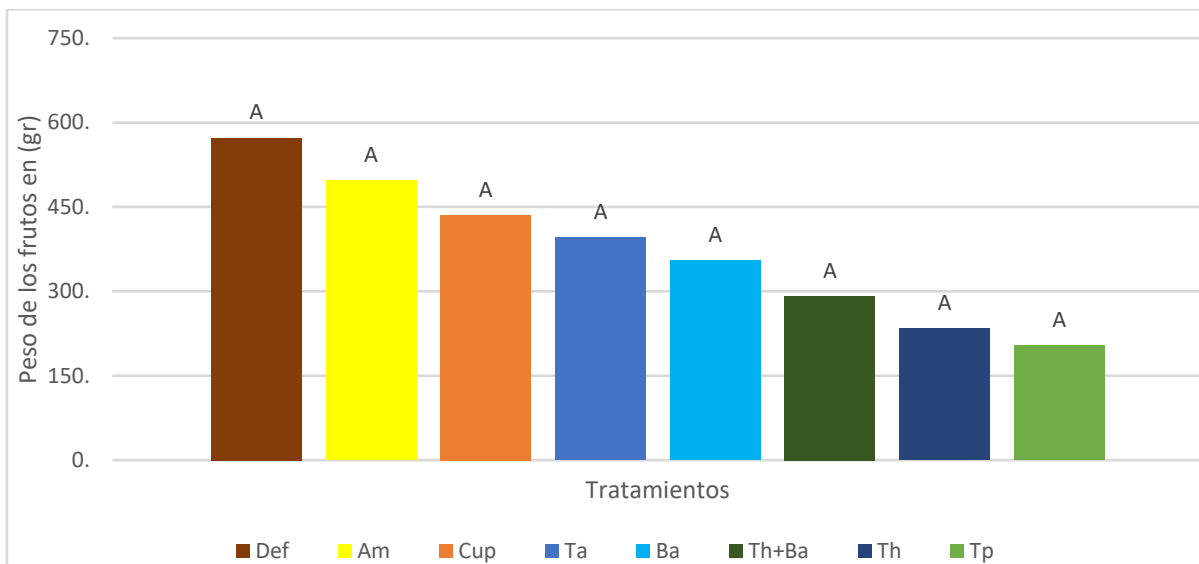


Gráfica 3. Longitud radical de plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.

Efecto de los extractos biológicos y botánicos en el peso de los frutos de tomate

En el gráfico 4, se encontró diferencia significativa en todos los tratamientos, en comparación del testigo patógeno. El mayor efecto en rendimiento del cultivo se obtuvo en las plantas que donde se aplicó el producto Defense, ya que este promueve la producción de diversos metabolitos que activaron la defensa natural de las plantas (Cosmocel, 2015).

Por otro lado, las plantas tratadas con extractos concentrados de *A. mexicana* mostraron valores más altos con respecto al testigo patógeno. En tercer lugar, se encuentra Cuprimicina, teniendo un rendimiento del 47% sobre el testigo patógeno. Hernández (2024), demostró que el extracto de *Argemone mexicana* contiene compuestos que tienen actividad antifúngica y bioestimulantes, la aplicación foliar de los extractos de *A. mexicana* contra *Phytophthora infestans* disminuyó la gravedad de la enfermedad en un 48% aumentando el rendimiento del cultivo. Al respecto, Jasso *et al.*, (2023) mencionaron que los extractos de *A. mexicana* y *H. patens* tienen impacto positivo en el rendimiento de frutos con un promedio de 200 a 250 Kg/Ha en el cultivo de tomate de la variedad Floradade.

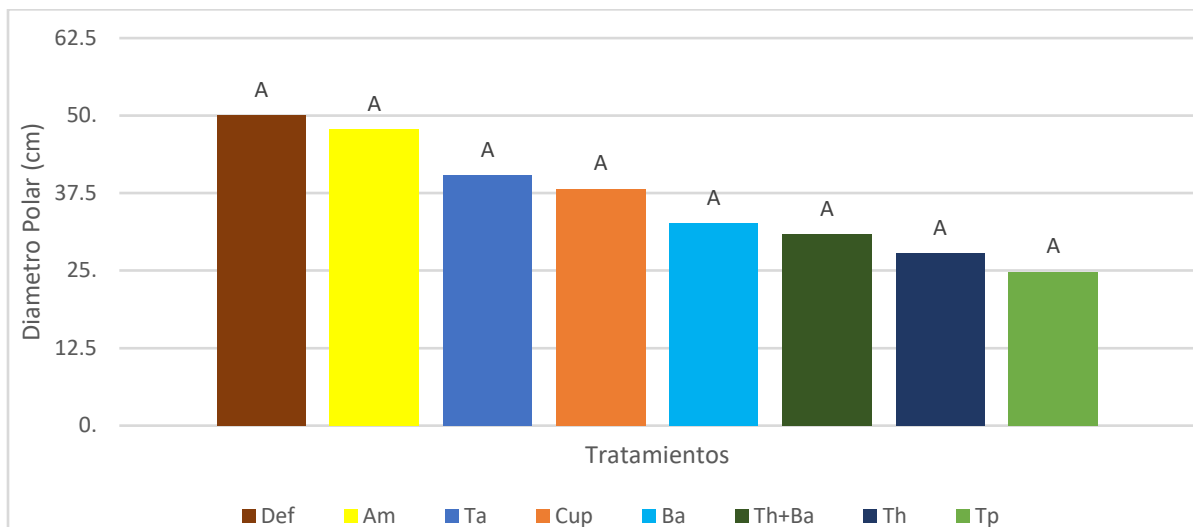


Gráfica 4. Evaluación de las medias del rendimiento de tomates bajo condiciones de invernadero.

Efecto de extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana* y microorganismos sobre el diámetro polar y ecuatorial

En la gráfica. 5 se muestran los resultados correspondiente al diámetro polar, donde se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, cabe mencionar que, el tratamiento Defense tuvo una diferencia del 50% sobre el testigo absoluto, seguido del extracto de *A. mexicana* con un 48% y en tercer lugar sobresale el testigo absoluto.

Los extractos han demostrado tener efectos estimulantes en las plantas y rendimiento de tomate, los cuales pueden ser atribuidos a los metabolitos secundarios que contienen (Espinosa *et al.* 2020). Balderrama (2019), evaluó un extracto de algas marinas *Ulva lactuca* la cual presentó altas cantidades de macros y micronutrientes como: magnesio, calcio y nitrógeno los cuales tiene la capacidad de promover el crecimiento de las plantas de tomate. Por otro lado, Calderón (2023) evaluó extractos de *A. mexicana* donde obtuvo mayor diámetro polar y ecuatorial en comparación con el testigo, seguido por el tratamiento de *H. patens* posicionándolos como los de mayor resultado en comparación con los demás tratamientos evaluados.

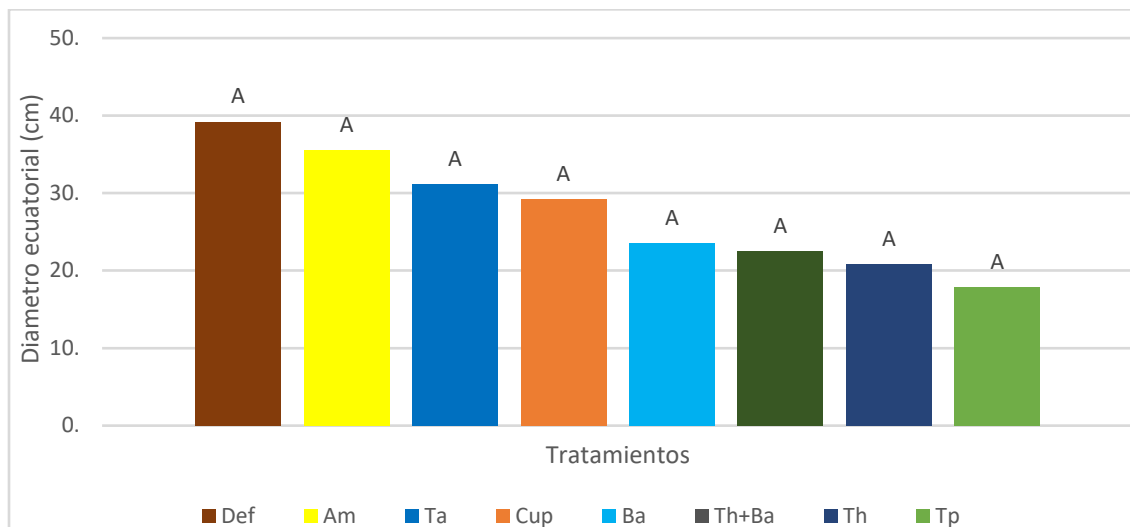


Grafica 5. Gráficas del diámetro polar del fruto de tomate en presencia de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*.

Efecto de extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana* y microorganismos sobre el diámetro ecuatorial

En la gráfica. 6 se obtuvo diferencia significativa en todos los tratamientos, donde sobresalieron el tratamiento Defense teniendo un porcentaje de 46% sobre el testigo patógeno. En segundo lugar, tenemos el efecto de extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana*, es importante mencionar que el extracto hidroalcohólico de *A. mexicana* obtuvo semejanza con el testigo absoluto. Sin embargo, *T. harzianum* presentó poco efecto de desarrollo en el fruto a comparación con el resto de los tratamientos.

Rodríguez (2024) evaluó *A. mexicana* en el cultivo de tomate bajo invernadero, con suelo infectado con *Fusarium oxysporum*, donde obtuvo que el tratamiento metanólico de *A. mexicana* destacó con un 33% sobre el testigo absoluto, seguido del tratamiento con el patógeno libre de aplicación apenas con un 32% y en tercer lugar se encuentra el extracto etanólico de *A. mexicana* con un 14% por encima del testigo.

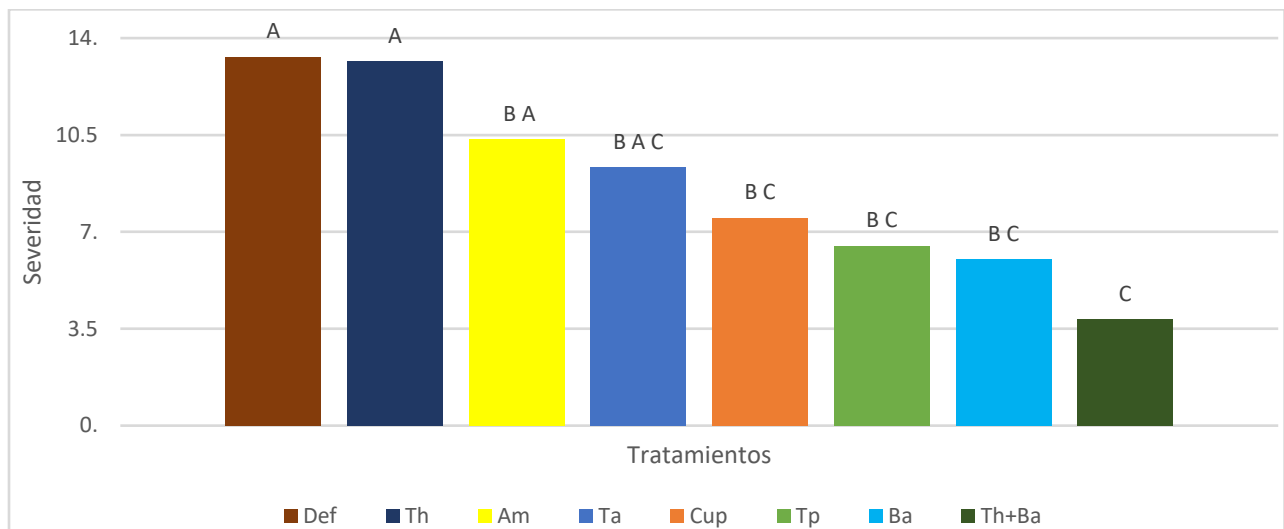


Grafica 6. Gráficas del diámetro ecuatorial del fruto de tomate en presencia de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*.

Efectos en la severidad de la enfermedad con extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana* y microorganismos antagonistas

En la gráfica.7 los resultados obtenidos muestran que las plantas tratadas con Defense son las que presentan la severidad más baja. Del mismo modo, la severidad fue baja en las plantas que fueron tratadas con *T. harzianum*. En tercer lugar, tenemos los extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana* donde obtuvo un control del 38% sobre el testigo patógeno.

Peñalba, (2022) realizó evaluaciones *in vitro*, contra *Cmm*, con tratamientos de *T. harzianum* sola o combinada con biofumigación con especies de la familia *Brassicaceae*, donde sobresalieron los tratamientos de *T. harzianum* y la combinación de *T. harzianum* con las biofumigación, donde redujeron el crecimiento de la bacteria a comparación del testigo. Con los resultados obtenidos, realizó los mismos tratamientos en invernadero en plantas de tomate, donde se obtuvo que el testigo, tuvo la mayor severidad de la enfermedad teniendo el 100% de marchites en las hojas de tomate, a comparación de las plantas tratadas con *T. harzianum* y combinación de *T. harzianum* con las biofumigación, tratamiento mostró la mayor reducción en la cantidad de la enfermedad.



Grafica 7. Resultados de la evaluación de severidad en las plantas de tomate con extractos hidroalcohólicos de *A. mexicana* y microorganismos.

CONCLUSIONES

La mezcla de *Trichoderma* + *Bacillus* ayudó a promover el crecimiento de las plantas de tomate, presentando mayores rendimientos en peso biomasa, peso de fruto y longitud radicular.

El extracto hidroalcohólico de *A. mexicana* arrojó valores mayores en longitud de raíz y frutos con mayor diámetro ecuatorial y polar lo que se tradujo en mayor rendimiento respecto al resto de los tratamientos.

Los extractos botánicos y biológicos nos ayudaron a promover la longitud radicular, la altura de planta y, además, actúan positivamente en el rendimiento del cultivo. Podemos indicar que los extractos inhiben la supervivencia del patógeno de tal manera que pueden llegar a limitar su crecimiento y desarrollo sobre la planta.

LITERATURA CITADA

- Agrios, N. G. (2005). *Plant Patology*. 5th Edition. Academic Press, Inc. San Diego, U.S.A. 803.
- Ángulo, C., & Soria, (2021). Microorganismos de ambientes marinos y costeros para el control del cáncer bacteriana de tomate. <https://pcti.mx/wp-content/uploads/2021/01/PCTI-188-Microorganismos-contra-el-cancer-bacteriano-de-tomate.pdf>.
- Anónimo. (2002). Agrobiologicals. <http://www.agrobiologicals.com/glossary/G1667.html%5D>
- Balderrama, (2019). Respuesta en el desarrollo y composición nutrimental de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) en interacción con el hongo micorrízico arbuscular (*Rhizofagus intraradices*) y el extracto del alga marina (*Ulva lactuca*). Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 128 p.
- Benitez T, Rincon A, Limon MC, Codon A. (2004). Mecanismos de Biocontrol de cepas de *Trichoderma*. Departamento de Genética, Universidad de Sevilla, España.
- Blancard, D. (2011). Enfermedades del tomate. Mundi-Prensa. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Blancard%2C+D.+%282011%29.+Enfermedades+del+tomate.+Mundi-Prensa+Libros&btnG=.
- Borboa Flores, J., Rueda Puente, E. O., Acedo Félix, E., Ponce, J. F., Cruz, M., Grimaldo Juárez, O., & García Ortega, A. M. (2009). Detección de *Clavibacter michiganensis subespecie michiganensis* en el tomate del Estado de Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4), 319-326.
- CABI; EPPO. (1999). Data sheets on Quarantine Pests *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. European Union. Bulletin OEPP/EPPO, 43(1), 46-47.
- Calderón, O. J. L. (2023). Bioprotección de *Solanum lycopersicum L.* contra *Alternaria alternata* (Fr). Keissl. Asociado al tizón temprano en invernadero. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).

- Carlton WM, Braun EJ & Gleason ML (1998) Ingress of *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* into tomato leaves through hydathodes. *Phytopathology* 88, 525-529.
- Castro del Ángel, E., Hernández Castillo, FD, Gallegos Morales, G., Ochoa Fuentes, YM, & Castillo Reyes, F. (2019). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* con formulaciones de bacterias endofíticas y su efecto en la promoción del crecimiento en cultivo de frijol. *Revista Biociencias*.
- CH, P. (1794). *Disposita methodical fungorum. Romers Neues Mag Bot*, 1, 81-128.
- Chalupowicz, L., Barash, I., Reuven, M., Dror, O., Sharabani, G., Gartemann, K. H., ... & Manulis-Sasson, S. (2017). Differential Contribution of *Clavibacter michiganensis ssp. michiganensis* virulence factors to systemic and local infection in tomato. *Molecular Plant Pathology*, 18(3), 336-346.
- Colloch, H.M., H.T. Cook and W.R. Wright. (1972). *Market Diseases of Tomatoes, Peppers and Eggplants*. U.S. Department of Agriculture. Washington. Agricultural Handbook No.28. D.C. 102 p.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Estado de Morelos A.C. (2010). Manejo fitosanitario del jitomate. *Revista Monitor Agrícola*. Año 4. No. 13. 24 pp.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Estado de Morelos A.C. (2010). Manejo fitosanitario del jitomate. *Revista Monitor Agrícola*. Año 4. No. 13. 24 pp.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Estado de Morelos A.C. (2010). Manejo fitosanitario del jitomate. *Revista Monitor Agrícola*. Año 4. No. 13. 24 pp.
- Cortés-Hernández, F. D. C., Alvarado-Castillo, G., & Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma spp.*, una alternativa para la Agricultura sostenible. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73-87.
- Davis, M., Graves, A., Vidaver, A., & Harris, R. (1984). *Clavibacter*: a new genus containing some phytopathogenic coryne form bacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 34, 107-117.
- De-León, L., Rodríguez, A., López, M. M., & Siverio, F. (2009). Control químico del chancro bacteriano del tomate en invernadero. *Phytoma España*, (214), 28-35.

- Dhanvantari BN (1989) Effect of Seed Extraction Methods and Seed Treatments on Control of Tomato Bacterial Canker. *Canadian Journal of Plant Pathology* 11, 400-408.
- Diaz, A. (2021). Antagonismo de (*Bacillus subtilis*) contra (*Fusarium oxysporum f. sp. niveum.*) Y su eficiencia en el control del marchitamiento de la sandia en invernadero. *Rev. Mex. Fitopatol* vol.34 no.3 Texcoco.
- Díaz, F. (2023). Extractos de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens* para el control de *Fusarium oxysporum*, agente causal de la marchitez vascular del tomate (*Solanum lycopersicum L.*), (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).
- Donoso, E., Lolas, M., & Muñoz, C. (2002). Evaluación de cepas nativas de la *Bacteria Bacillus subtilis* en el biocontrol de enfermedades bacterianas de cultivos hortofrutícolas de importancia regional. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias-Fitopatología.
- EFSA (2014). Scientific opinion on the pest categorisation of *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (Smith) Davis *et al.* *EFSA Journal*, 12(6), 1-26
- Eichenlaub, R., & Gartemann, K. H. (2011). The *Clavibacter michiganensis* subspecies: Molecular Investigation of gram-positive bacterial Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 49(1), 445-464.
- Eichenlaub, R., Gartemann, K. H., & Burger, A. (2006). *Clavibacter michiganensis*, a group of Gram-positive *phytopathogenic* bacterium. *Plant-Associated Bacteria*, 385-421.
- EPPO (2016) EPPO Standards PM 7/42 (3) *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. EPPO Bulletin 46, 202-225.
- EPPO (2021) EPPO standards PM 3/80 (2) Consignment Inspection of Seed of *Solanum Lycopersicum* and its Hybrids. EPPO Bulletin 46, 68-72.
- EPPO, (2010) Data sheet on Quarantines Pest. *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*. EPPO A2 List.N°. 50.
- EPPO. (1999). *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*. Data Sheets on quarantine pests prepared by the EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) for the E.U.

- Escobar, H. (2010). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Editorial Tadeo Lozano. Segunda Edición. Pag, 197, <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13534>.
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257-282.
- Fontanills, Y. R., Ávila, A. L. V., Campos, C. C., Trujillo, M. M., del Castillo, M. S., & Hernández, Y. P. (2018). Composición fitoquímica y actividad antibacteriana de extractos de hoja de *Hamelia patens* Jacq. *Biotecnología Vegetal*, 18(1).
- García, I. L., Santos, A., Montorio, Á. M., Yanguas, J. M. B., Burgos, J. M., & Ruiz, S. C. (2020). Tomate de industria. Campaña 2019. *Navarra Agraria*, (239), 11-19.
- Getsemany, B. S. I. (2019). Respuesta en el desarrollo y composición nutrimental de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) en interacción con el hongo micorrícico arbuscular (*Rhizofagus itraradices*) y el extracto del alga marina (*Ulva lactuca*).
- Gómez, A. L. S., Hernández, E. O., Ahumada, C. A. E., Herrera, R. R., Martínez, M. T. D. J. S., Ramírez, E. N., & Drouaillet, B. E. (2022). Principales enfermedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4190-4210.
- Gorini, F. (2018). Guía completa del cultivo del tomate. Parkstone International. Editorial de Vecchi, Primera Edición S.A. 2018 M05 25 - 86 páginas. https://books.google.com.mx/books/about/Gu%C3%ADa_completa_del_cultivo_del_tomate.html?id=_g5dDwAAQBAJ&redir_esc=y.
- Goto, M. (1992). Fundamentals of bacterial plant pathology. Academic Press, Inc. San Diego, California, U.S.A.
- Grondona, I., Hermosa R., Tejada M., Gomis M.D., Mateos P.F., Bridge P.D., Monte E. & I. GarciaAcha. (1997). Physiological and biochemical characterisation of *Trichoderma harzianum*, as biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. *Applied and Environmental* 63: 3189-3198.

- Guédez, C. L., Castillo, C., & Olivar, R. (2012). Evaluación *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 44-49.
- Guerra, L., & de, L. (2008). Diagnóstico, epidemiología y control de *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis* (Rev. Fitotec. Méx Vol.32 no.4 Chapingo oct./dic. 2008).
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma species*—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*, 2(1), 43-56.
- Hassan, S. M., El-Bebany, A. F., Salem, M. Z., & Komeil, D. A. (2021). Productivity and post-harvest fungal resistance of hot pepper as affected by potassium silicate, clove extract foliar spray and nitrogen application. *Plants*, 10(4), 662.
- Hernández García, A. (2023). Evaluación de actividad antimicrobiana (*in vitro*) de extractos vegetales de *Artemisa ludoviciana* Nutt., *Lepidium virginicum* L. y *Brickellia veronicifolia* (kunth) A. Gray sobre bacterias y hongos fitopatógenos. Tesis de Maestría. Tulancingo de Bravo, Hgo., México.
- Hernández Soto, I. (2024). Actividad antifúngica *in vitro* e *in situ* del extracto de *Argemone mexicana* L. contra fitopatógenos en el cultivo de tomate. Tesis Doctoral. Tulancingo de Bravo, Hgo., México
- Holguin, P. (2006). Detección de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en el tomate del Estado de Sonora, México. Sociedad Americana de Fitopatología. Rev. Fitotec. Méx vol.32 no.4 Chapingo.
- Holguín-Peña, R. J., Vázquez-Juárez, R. C., & Rueda-Puente, E. O. (2006). Bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* on tomato in the Baja California Peninsula of Mexico. *Plant Disease*, 90(12), 1550-1550.

- Inés, D. M. (2013). El Partido Socialista y la Federación Agraria Argentina: una década de encuentros y desencuentros (1912–1922). In *XIV Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia*. Departamento de Historia de la Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14-21.
- Infoagro Systems S.L. (2016). El cultivo de tomate: Parte I. (en línea, sitio web). Madrid, España. sp Consultado 21 ene. 2024. Disponible en http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp.
- ITIS. (2014). Evaluación de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre incidencia de *Fusarium oxysporum* en Arveja China. Tesis de Licenciatura Guatemala de la Asuncia, Campus Central. <http://www.catalogueoflife.org/annualchecklist/2014/details/species/id/11471802>.
- Janse, j. D, (2004). Fatty acid analysis in the identification, taxonomy and of plant pathogenic bacteria. *Molecular Microbial Ecology Manual*, 2nd ed. New York, USA: Spring Publishing, 973-982.
- Jasso de Rodríguez, D., Rocha-Rivera, M. F., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Díaz-Jiménez, L. V., Rodríguez-García, R., & Carrillo-Lomelí, D. A. (2023). Extractos de plantas como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, vol.10 no.2 Villahermosa 10(2).
- Ji, S. H., Paul, N. C., Deng, J. X., Kim, Y. S., Yun, B. S., & Yu, S. H. (2013). Actividad de biocontrol de *Bacillus amyloliquefaciens* CNU114001 contra enfermedades fúngicas de las plantas. *Artículo científico*, 41(4), 234-242.
- Jiménez, C., de Albarracín, N. S., Altuna, G., & Alcano, M. (2011). Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Rev. Fac. Agron. Luz*, 28, 1-10.
- Lasso, E., & Naranjo, M. E. (2003). Effect of pollinators and nectar robbers on nectar production and pollen deposition in *Hamelia patens* (Rubiaceae). *Biotropica*, 35(1), 57-66.

- Leandro de León, L., Siverio, F., López, M. M., & Rodríguez, A. (2011). *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, a seedborne tomato pathogen: healthy seeds are still the goal. *Plant Disease*, *95*(11), 1328-1338.
- León G., Y M. Arosamena D. 1982. El cultivo del tomate para consumo fresco en el Valle de Culiacán. Artículo Científico. Culiacán, Sinaloa, México : Libros Técnicos, 1980 INIA-SARH. 183 p.
- Lewis Ivey, ML, y Miller, SA (junio de 2004). Evaluación del tratamiento de semillas con agua caliente para el control de la mancha foliar bacteriana y el cancro bacteriano en tomates de consumo en fresco y de procesamiento. En el VII Simposio Internacional sobre Enfermedades del Tomate, 695 (págs. 1997-2004).
- López Marín, (2017). Manual técnico del cultivo del tomate *Solanum lycopersicum*. Editorial San José, Costa Rica 2017. <https://repositorio.iica.int/items/ac1c1a34-20f3-4564-83a9-0aae65452d82>
- López, N. L., Heredia, J. B., Hernández, C. S. M., Rodríguez, R. I., Escalante, M. Á. A., & Estrada, R. S. G. (2022). Biosíntesis inducida de fengicina y surfactina en una cepa de *Bacillus amyloliquefaciens* con actividad oomicetida sobre zoosporas de *Phytophthora capsica*. *Revista Argentina de Microbiología*, *54*(3), 91-100.
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma spp.* y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, *28*(1), 1-11.
- Martinez, H. L. D. (2016). Actividad antiinflamatoria y antioxidante del extracto hidroalcohólico del látex de *Argemone mexicana* “*Cardo santo*” (Doctoral dissertation, Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico] ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos).
- Martínez, J. R., Vicente, A. A., Saenz, J. C. M., Herrera, R. R., & González, C. N. A. (2012). Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, *(54)*, 57-63.
- Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T., & Rueda-Puente, E. O. (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate

(*Solanum lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: La importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal*, 12(18).

Mejía, E. Z. (1999). Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 201-207.

Messiaen, C. M., Lafon, R., & Caps Llunell, P. (1967). Enfermedades de las hortalizas. Iberlibro. https://www.agapea.com/libros/ENFERMEDADES-HORTALIZAS-9788428100663-i.htm?srsIid=AfmBOoprziqV5eu2w8OKwOcNJ6pXhN9d01LFeOnyEbFo9wIV-IK_w93L_

Monardes, H. (2009). Manual de cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum*: Características botánicas. Origen. Chile. Universidad de Chile 13 p. Consultado 8 oct. 2016. http://www.cepoc.uchile.cl/paf/Manua_Cultivo_tomate.pdf

Montaño Méndez, I. E., Valenzuela Patrón, I. N., & Villavicencio López, K. V. (2021). Competitividad del tomate rojo de México en el mercado internacional: análisis 2003-2017. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7), 1185-1197.

Muradian, M. (2015). *Bacillus amyloliquefaciens*. Obtenido en: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bacillus_amyloliquefaciens.

Noor, G., Ahmad, MA, Ahsan, F., Mahmood, T., Arif, M. y Khushtar, M. (2020). Una recapitulación fitoquímica y etnofarmacológica sobre *Hamelia patens*. *Investigación de medicamentos*, 70 (05), 188-198.

Normas Oficiales Mexicanas en Material de Sanidad Vegetal 21-diciembre-(2012).

Nucamendi Cruz, I. Y. (2015). Efecto de *Trichoderma spp.* y *Bacillus spp.* sobre el enraizamiento y crecimiento de brotes en esquejes de caña de azúcar (*Saccharum spp. Híbrido*) en el Ingenio San Cristobal, Veracruz, México". Tesis del Grado de Maestría. <https://cdigital.uv.mx/server/api/core/bitstreams/1ddef44a-d0c1-41de-b7e1-b835bf36fafd/content>.

Nuez, F.; Rodríguez del Rincón, A.; Tello, J.; Cuartero, J.; Segura, B. (1999). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España.

OEPP/EPPO. (2005). No. 39, Diagnostic protocol for *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin (2005) 46 (2)*.

- Okoye, EL (2016). Actividad antimicrobiana de los extractos crudos de *Hamelia patens* en algunas muestras clínicas seleccionadas. Disponible en SSRN 3448907.
- Orona-Castillo, I., Del-Toro-Sánchez, C. L., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Espinoza-Arellano, J. D. J., Rueda-Puente, E., ... & Cano-Ríos, P. (2022). Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, México. *Biotecnia*, 24(3), 70-76.
- Paniagua Vega, D. (2014). Estudio de la biosíntesis de alcaloides indol-monoterpénicos y su transformación a alcaloides oxindol-monoterpénicos en cultivos *in vitro* de *Hamelia patens*. Rev. Soc. Quím. Méx vol.48 no.1 Ciudad de México.
- Pedraza, L. A., López, C. E., & Uribe-Velez, D. (2020). Mecanismos de acción de *Bacillus spp.* (*Bacillaceae*) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 112-125.
- Peñalba, J. N. (2022). Efecto de *Trichoderma harzianum* luego de una biofumigación para el biocontrol de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en tomate (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de la Plata).
- Ramírez Torres, F. G. (2017). Análisis funcional del gen PBC1 involucrado en la defensa contra el cáncer bacteriano en tomates silvestres mediante *VIGS* y *CRISPR/Cas 9* (Tesis para Obtener el Grado de Maestría). San Luis Potosí, S.L.P. Noviembre de 2017.
- Rivera-Sosa, L. M., Ramírez-Valverde, G., Martínez-Yáñez, B., Judith-Hernández, A., & Aranda-Ocampo, S. (2022). Response of tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties to *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* infection. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(1), 18-39.
- Rodríguez Sosa, S. I., & Castro del Ángel, E. (2024). Protección de tomate *Solanum lycopersicum* L. bajo invernadero en un suelo infestado con *Fusarium oxysporum* Schldl.
- Rolleri, J., Stocco, M. C., Moya, P., & Monaco, C. I. (2021). Posibilidades del uso de *Trichoderma harzianum* en el biocontrol del marchitamiento y cancro bacteriano del tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 120.
- Romero-Arenas, O., Huerta Lara, M., Damián Huato, M. A., Domínguez Hernández, F., & Arellano Victoria, D. A. (2009). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente

limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(2), 143-151.

Santana Baños, Y., del Busto Concepción, A., González Fuentes, Y., Aguiar González, I., Carrodegua Díaz, S., Páez Fernández, P. L., & Díaz Lugo, G. (2016). Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. *Centro Agrícola*, 43(3), 5-12.

Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Schaad. (2001). *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*, Third Edition. APS PRESS.

Semilla. (2015). Clasificación taxonómica de tomate (en línea). Obtenido de <http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>

Sen, Y., van der Wolf, J., Visser, RG y van Heusden, S. (2015). Cancro bacteriano del tomate: conocimiento actual sobre detección, manejo, resistencia e interacciones. *Plant Disease*, 99 (1), 4-13.

Sepúlveda Chavera, G. F., Salvatierra Martínez, R., Sandoval Briones, C., & González Vásquez, R. (2013). Primer reporte de cancro bacteriano *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en plantas de tomate en Arica. *Idesia (Arica)*, 31(2), 99-101.

Seung Ji, SH, Paul, NC, Deng, JX, Kim, YS, Yun, BS y Yu, SH (2013). Actividad de biocontrol de *Bacillus amyloliquefaciens* CNU114001 contra enfermedades fúngicas de plantas. *Mycobiology*, 41 (4), 234-242.

Siri, M. I., Croce, V., Lapaz, M. I., Hernández, F., José, M., Montelongo, M. G., & Grande, S. (2013). Identificación, caracterización y diagnóstico molecular de bacterias patógenas que afectan a los cultivos de tomate. *Resultados Experimentales en Sanidad de Tomate y Morrón, Serie Actividades de Difusión*, (756).

- Tancos, M. A., Chalupowicz, L., Barash, I., Manulis-Sasson, S., & Smart, C. D. (2013). Tomato fruit and seed colonization by *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* through external and internal routes. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(22), 6948-6957.
- Vegetal, Á. P. (2006). Rol epidemiológico de restos culturales y semillas en el desarrollo del cancro bacteriano del tomate en invernaderos del cinturón verde Buenos Aires–La Plata (Doctoral Dissertation, Universidad de Buenos Aires).
- Vergani, R. J. (2002). Una breve historia del tomate. *Horticultura: Revista de Industria, Distribución y Socioeconomía Hortícola*, ISSN 1132-2950, N° 158, 2002, págs. 18-27.
- Werner, N. A., Fulbright, D. W., Podolsky, R., Bell, J., & Hausbeck, M. K. (2002). Limiting populations and spread of *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* on seedling tomatoes in the greenhouse. *Plant Disease*, 86(5), 535-542.
- Zalila-Kolsi, I., Ben-Mahmoud, A., & Al-Barazie, R. (2023). *Bacillus amyloliquefaciens*: harnessing its potential for industrial, medical, and agricultural applications—a comprehensive review. *Microorganisms*, 11(9), 2215.

ANEXOS

Procedimiento ANOVA Biomasa

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	7147.37646	1021.05378	1.33	0.2608
Error	40	30655.74833	766.39371		
Total, correcto	47	37803.12479			

R-cuadrado: 0.189068

Coefficiente de variación: 30.48109

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	7147.3764 58	1021.05378	1.33	0.2608

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	tratamiento
A	102.82	T-Ta
A	101.68	T-Exo
A	101.03	T-Th+Ba
A	98.48	T-Ba
A	95.37	T-Am
A	79.65	T-Tp

A	78.23	T-Th
A	69.32	T-Def

Procedimiento ANOVA Peso de raíz

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	39.1292479	5.5898926	1.75	0.1239
Error	40	127.41975	3.1854938		
Total, correcto	47	166.5489979			

R-cuadrado: 0.234941

Coefficiente de variación: 39.61993

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	39.12924792	5.58989256	1.75	0.12

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	tratamiento
A	6.083	T-Th
A	5.667	T-Tp
A	4.817	T-Am
A	4.55	T-Th+Ba

A	3.997	T-Ba
A	3.827	T-Exo
A	3.683	T-Def
A	3.415	T-Ta

Procedimiento ANOVA Longitus de raíz

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	4362.74646	623.24949	1.69	0.1393
Error	40	14752.44833	368.81121		
Total, correcto	47	19115.19479			

R-cuadrado: 0.228234

Coefficiente de variación: 46.02396

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	4362.746458	623.249494	1.69	0.1393

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	tratamiento
A	59.8	T-Tp
A	51.3	T-Th+Ba
A	45.3	T-Am
A	41.03	T-Th+Ba
A	39.08	T-Ta
A	36.87	T-Ba
A	30.3	T-Def
A	30.13	T-Th

Procedimiento ANOVA Rendimiento

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	688849.479	98407.068	1.53	0.1843
Error	40	2568279.833	64206.996		
Total, correcto	47	3257129.313			

R-cuadrado: 0.211490

Coefficiente de variación: 67.89911

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	688849.4792	98407.0685	1.53	0.1843

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	tratamiento
A	572.5	T-Def
A	497.5	T-Am
A	435.5	T-Exo
A	396.2	T-Tp
A	355.2	T-Ba
A	291.3	T-Th+Ba
A	233.5	T-Th+Ba
A	203.8	T-Ta

Procedimiento ANOVA diámetro Polar

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	3516.97917	502.4256	1.34	0.2563
Error	40	14970.83333	374.27083		
Total, correcto	47	18487.8125			

R-cuadrado: 0.190232

Coefficiente de variación: 52.92236

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	3516.979167	502.425595	1.34	0.2563

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	50	6	7
A	47.83	6	6
A	40.33	6	5
A	38.17	6	2
A	32.67	6	1
A	30.83	6	3
A	27.83	6	8
A	24.83	6	4

Procedimiento ANOVA diámetro Ecuatorial

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	2371.25	338.75	1.55	0.1773
Error	40	8716.66667	217.91667		
Total, correcto	47	11087.91667			

R-cuadrado: 0.213859

Coefficiente de variación: 53.76146

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	2371.25	338.75	1.55	0.1773

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	39.167	6	7
A	35.5	6	6
A	31.167	6	5
A	29.167	6	2
A	23.5	6	1
A	22.5	6	3
A	20.833	6	8
A	17.833	6	4

Procedimiento ANOVA Severidad

Variable dependiente: resultado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	490.3333333	70.047619	7.64	
Error	40	366.6666667	9.1666667		
Total, correcto	47	857			

R-cuadrado: 0.572151

Coefficiente de variación: 34.60172

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tratamiento	7	490.3333333	70.047619	7.64	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tukey Agrupamiento	Media	N	tratamiento
A	13.333	6	7
A	13.167	6	8
B A	10.333	6	6
B A C	9.333	6	5
B C	7.5	6	2
B C	6.5	6	4
B C	6	6	1
C	3.833	6	3