

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto bioestimulante de compuestos químicos en plantas inoculadas con
Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis

Por:

CESAR TORRES SANCHEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto Bioestimulante de Compuestos Químicos en Plantas de Tomate Inoculadas
con *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*

Por:

CESAR TORRES SANCHEZ

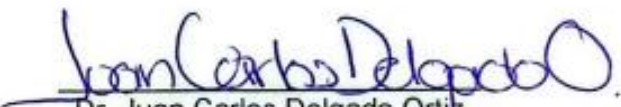
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

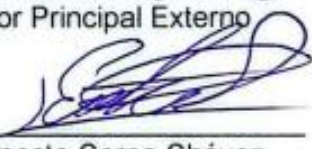
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

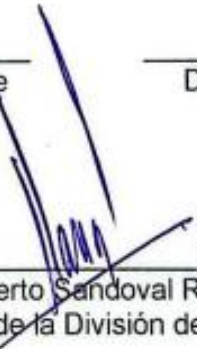
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal


Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Asesor Principal Externo


Dra. Mariana Beltrán Beache
Coasesor


Dr. Ernesto Cerna Chávez
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025.

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta academia incorrecta en los siguientes aspectos Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

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

Pasante


Cesar Torres Sanchez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco por todo lo que me brindó la **UAAAN**, esta gran institución que me hace parte de la familia **buitre**. El simple hecho de haber sido aceptado para formar parte de la historia del regalo que nos heredó Don Antonio Narro, gracias mi Narro por siempre orgulloso de ser un “**Buitre de la Gloriosa Narro**”.

A mis padres al señor Agustín Torres Espindola y a la señora Lorena Sanchez Salazar por darme la oportunidad y haber confiado para lograr este sueño del cual forman parte desde un inicio hasta el final, eternamente agradecido con ustedes.

A mis hermanos Juan, Edith, Agustín, Grecia y Guadalupe que son personas que estuvieron siempre y sé que siempre estarán presentes conmigo en cualquier momento sea bueno o malo, algo que siempre me han dejado en claro es que nunca nos dejaremos solos siempre juntos.

A los mejores Don Lalo y los abuelos Don Belio y Don Roberto que siempre me dieron los mejores consejos de vida y por estar en los momentos más difíciles que fueron personas que jamás nos dejaron abajo y siempre quisieron que saliéramos adelante sin importar los obstáculos, que a pesar de todo sé que están orgullosos de mí.

A mi asesor el Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz por ser más que un asesor ser un amigo de esos que la bendita Narro nos dio para salir y cumplir el sueño de ser un Ingeniero Agrónomo Parasitólogo de la UAAAN, le agradezco por la amistad brindada y los mejores consejos como su famosa frase “mal consejo muchachos”. A mis amigos Axel Daniel (Chuca), Luis Alejandro (Muñeco) por ser de las personas que más que amigos son como familia agradezco por las cosas que hemos pasado y las que faltan.

A mi gran estimado Rodrigo que es de las personas que sin duda son de las amistades que no se deben perder.

A los amigos que medio la universidad a Saul Silveira, Alexandro, Flavio, Rubén, Henry, Daniel (Panque), Gama (hermano) Mario, Odalis y Sofía.

Mis más sinceros agradecimientos a Hermilo, Roxana ellos que sin importar que no fueran familia creyeron en mí y me dieron de esos impulsos que te reaniman para no rendirte y conseguir siempre mis metas y deseos.

DEDICATORIAS

A mi padre Agustín Torres Espindola que a pesar de todo siempre estará para mí que el mismo sabe de lo que soy capaz y de que él es una de las personas que admiro y sabe que cada logro mío es suyo también.

A mí madre Lorena Sanchez Salazar que sin duda ella sabe por lo que hemos pasado para lograr cada objetivo y por lo que voy, ella es una de las grandes razones por las cuales jamás dejaría de defender mis decisiones y sin duda ella es parte de todo lo que yo logre en mi vida.

A mi hermana Edith y a mi sobrina Camila Angelique que son personas que forman parte de lo que soy como persona les agradezco el apoyo y cariño brindado y está por demás decirlo que siempre estarán en cualquier momento.

A mi hermano Juan y a mis sobrinos Ian y Franco que son parte de la familia Torres Sanchez, con cariño y estima.

A el personaje que siempre está compitiendo siempre conmigo Agustín Torres Sanchez que, si yo sorprendo, trata de igual o mejor manera hacer las cosas, compañero de vida, para bien o para mal siempre será cómplice no pude tener mejor mano derecha que él.

A mis hermanos Grecia y Guadalupe que son mis pequeños hermanos que sé que sin importar mis acciones nunca me han defraudado y son leales a nuestros principios.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
Justificación	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	3
REVISION DE LITERATURA	4
Producción de tomate a nivel mundial	5
Producción de tomate a nivel nacional	5
Taxonomía del tomate.	6
Taxonómica	6
Morfología de la planta del tomate	7
Tallo	7
Hojas	7
Flores	7
Frutos	7
Semillas	7
Fisiología del tomate	8
Principales problemas fitosanitarios del tomate	8
Cáncer bacteriano por <i>Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis</i> (Cmm)	9
Taxonómica de <i>Cmm</i>	10
Morfología de la bacteria	10
Sintomatología	11
Epidemiología	13
Estrategias de manejo	14
Control cultural	14
Control mecánico	14
Control biológico	15
Control químico	16

Bioestimulantes.....	16
Inductores de Resistencia.....	17
METODOLOGIA	20
Ubicación del experimento.....	20
Material biológico <i>Cmm</i>	20
Producción de inóculo para pruebas <i>in vitro</i> y de invernadero	20
Evaluación de los bioestimulantes por la técnica de microplaca.	21
Siembra, trasplante e inoculación de plantas con <i>Cmm</i> , aplicación de los bioestimulantes.....	21
Variables evaluadas.....	23
RESULTADOS	24
CONCLUSIÓN	32
BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales productores de tomate a nivel mundial	5
Figura 2. Sintomatologías de <i>Cmm</i> en plantas de tomate	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunas moléculas inductoras de defensa en las plantas.....	18
Tabla 2. Tratamientos evaluados en las pruebas de invernadero.....	22
Tabla 3. Efecto <i>in vitro</i> en <i>Cmm</i> de la aplicación de bioestimulantes.....	25
Tabla 4. Estimación de la concentración inhibitoria de los bioestimulantes en <i>Cmm</i>	26
Tabla 5. Severidad acumulada en plantas de tomate inoculadas con <i>Cmm</i> y tratadas con bioestimulantes.	27
Tabla 6. Variables agronómicas en plantas de tomate inoculadas con <i>Cmm</i> y tratadas con bioestimulantes.....	28

RESUMEN

El cultivo de tomate es uno de los cultivos más importantes en México y a nivel mundial; siendo México el séptimo productor a nivel mundial. Mediante la técnica de microplaca se evaluó la actividad bactericida de los compuestos n- acetilcisteína, ácido hexanoico, menadiona y ácido salicílico a concentraciones 15.62, 31.25 62.5,125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 ppm, sobre el crecimiento de *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. El compuesto con menor concentración inhibitoria media fue aHx con 0.226 ppm. Así mismo se realizó la evaluación de las CI50 y CI90 de los compuestos antes mencionados en plantas de tomate inoculadas con Cmm, donde se evaluaron severidad y parámetros agronómicos. Donde los ingredientes activos n-acetilcisteína, ácido hexanoico, menadiona y ácido salicílico mostraron una inhibición del 7.94-97.32 %; siendo que la menadiona mostró el mayor efecto inhibitorio en la evaluación. Mientras que, en las evaluaciones en invernadero, la menadiona destaco en las variables severidad, altura de planta, numero de racimos, peso fresco de la raíz; siendo que el ácido hexanoico destaco sobre los parámetros grosor de tallo, peso fresco de la planta y longitud de raíz.

Palabras claves: Cáncer bacteriano; tomate, severidad, ácido hexanoico, menadiona.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate es uno de los cultivos más importantes en México y a nivel mundial, su origen según Kumar *et al.* (2020) es en América central, donde se cultivaban la planta de tomate, llamada xitomatl, alrededor del año 700 d.C. La producción mundial de tomate para el año 2023 asciende a 186.2 millones de toneladas; siendo uno de los principales productores China con una producción de 70, 119, 694 t, seguidos por los países India, Turquía, Estados Unidos de América, Egipto e Italia, siendo México el séptimo lugar con una producción de 4, 394, 807 t, seguido por Brasil, España y Nigeria (FAOSTAT, 2023).

La producción de tomate a nivel nacional ocupa el sexto lugar entre varios productos tales como; caña, maíz, naranjas y sorgo. En 2023, la producción fue de 3 millones 637 mil t, 5.1% más respecto al año anterior. La segunda cifra más alta del último decenio, sólo por detrás de 2018 que registro 3 millones 871 mil t. Las explotaciones de tomate en México se dan tanto con agricultura protegida como a cielo abierto con uso de sistemas de riego; lo que permite mantener una oferta a lo largo de todo el año (Panorama agroalimentario, 2023). La bacteria *Cmm* fue identificada en 1983 como *Corynebacterium michiganensis*, pero actualmente fue nombrada como *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. En México y el mundo, el cáncer bacteriano ha sido una de las principales limitantes en la producción de tomate, ya que la enfermedad en hortalizas ha venido en aumento debido al no haber un diagnóstico correcto y a tiempo para que los productores puedan saber manejar de manera apropiada (Romero, 2011). Se presenta en muchos países en tomate y pimiento con una mayor importancia en regiones que son caracterizados por veranos lluviosos y húmedos, áreas donde se utiliza riego por aspersión. Como se transmite por semilla está incluido en la lista A2 (alto riesgo) de patógenos de cuarentena por la Organización Europea de protección de las plantas (EPPO, 2011; Olivier *et al.* 2010). Los bioestimulantes contienen carbohidratos simples y complejos que, al aplicarse en las plantas pueden alterar el metabolismo, actuando directamente como fuente de energía para los organismos microbianos endófitos y

no endófitos, pero también como moléculas de señalización. Su complejidad del rol de los carbohidratos en la inducción de los procesos fisiológicos de las plantas, cual fue revisada por Trouvelot et al. (2014), quien sugirió que los carbohidratos activaban reacciones de defensa por patrones moleculares asociados a patógenos, patrones moleculares asociados a microbios y patrones moleculares asociados a daños.

Justificación

El cáncer bacteriano causado por *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* es de las principales enfermedades bacterianas en el cultivo del tomate, la cual limitado los rendimientos y ocasiona grandes pérdidas en la producción. Lo anterior derivado de la falta de un diagnóstico oportuno y preciso. Siendo que el control químico a resultado ineficiente y ha generado problemas de fitotoxicidad y resistencia. Por lo que el uso de bioestimulantes es una alternativa para el manejo de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* para así disminuir el uso excesivo de bactericidas.

Objetivo general

Evaluar el efecto antibacteriano de los bioestimulantes en el control del cáncer bacteriano ocasionado por *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto *in vitro* de los compuestos n- acetilcisteína, ácido hexanoico, menadiona y ácido salicílico para el control de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*.

Evaluar la efectividad de los bioestimulantes para el control del cáncer bacteriano en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

Hipótesis

Se espera que al menos uno de los tratamientos de los bioestimulantes (n- acetilcisteína, ácido hexanoico, menadiona y ácido salicílico) evaluados muestren un control efectivo de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en las evaluaciones *in vitro* y en invernadero.

REVISION DE LITERATURA

El cultivo de tomate es uno de los cultivos más importantes en México y a nivel mundial, su origen según Kumar *et al.* (2020) los aztecas de América central cultivaban la planta de tomate, llamada xitomatl, alrededor del año 700 d.C., y los conquistadores españoles la nombraron tomate, transportando sus semillas desde los Andes a España y de allí a otros países de europeos alrededor de 1520.

En Europa, los españoles se encargaron de distribuir el tomate a lo largo del Caribe, después de la conquista de Sudamérica, de igual manera, lo llevaron a Filipinas y de esta forma entro al continente asiático. Los tomates amarillos fueron los primeros en cultivarse en Europa, después, los de color rojo se hicieron más populares. En 1554 el tomate amarillo fue descrito por el botánico italiano Piero Andrea Mettolioli como pomo d'oro (manzana de oro), de aquí el nombre de pomodoro (Pérez y Castro, 2011).

Además, originalmente se señala que los frutos de tomate eran muy pequeños en su estado silvestre, pero esta especie fue domesticada por los pueblos mesoamericanos hace aproximadamente 2600 años; estos autores indican que las evidencias surgieron que algunas plantas silvestres viajaron desde Mesoamérica a la zona andina, donde fueron domesticadas, generando una diversidad notable en la región, siendo posteriormente, los tomates cultivados volvieron a Mesoamérica, probablemente tras haberse hibridado con variedades silvestres locales, adaptándose mejor a las condiciones ecuatoriales, en un proceso de domesticación y adaptación genética que ha continuado a lo largo del tiempo. Al respecto, se conoce también que, a lo largo de la historia, la humanidad ha mejorado genéticamente al tomate para aumentar su rendimiento y calidad (Blanca y Cañizares, 2022).

Producción de tomate a nivel mundial

La producción mundial de tomate para el año 2023 como nos muestra la figura 1, asciende a 186.2 millones de toneladas; siendo uno de los principales productores China con una producción de 70, 119, 694 t, seguidos por los países India, Turquía, Estados Unidos de América, Egipto e Italia, siendo México el séptimo lugar con una producción de 4, 394, 807 t., seguido por Brasil, España y Nigeria (FAOSTAT, 2023).

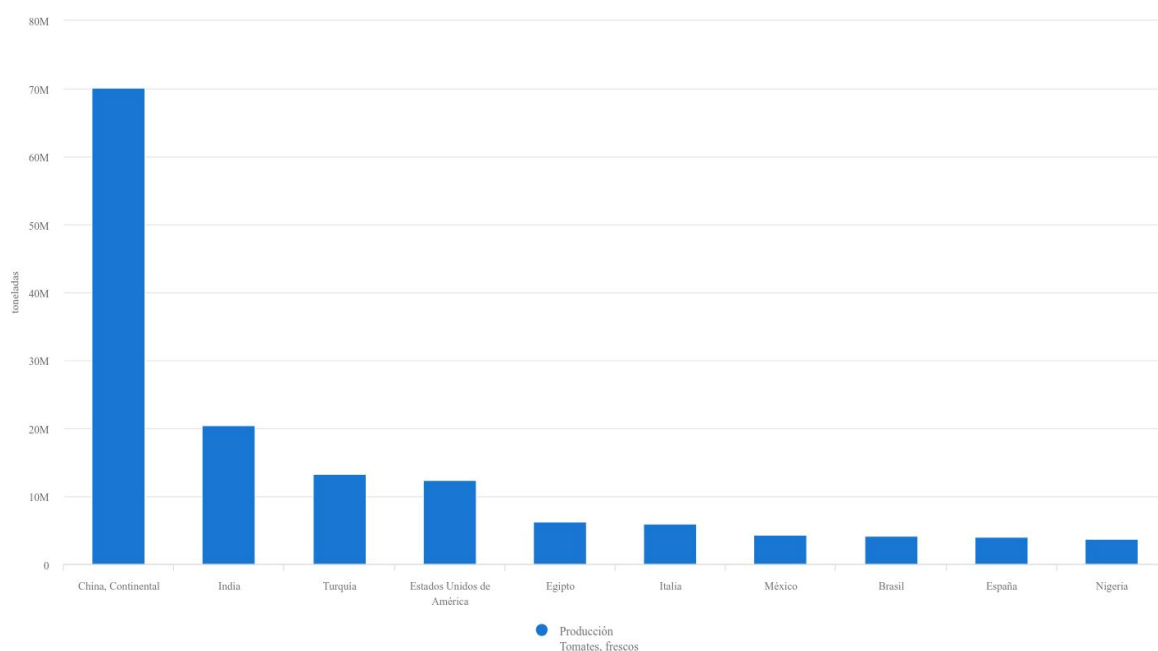


Figura 1. Principales productores de tomate a nivel mundial (FAOSTAT, 2023).

Producción de tomate a nivel nacional

La producción a nivel nacional de tomate en México como producto es el sexto lugar entre varios productos tales como; caña, maíz, naranjas y sorgo. En 2023, la producción fue de 3 millones 637 mil t, 5.1% más respecto al año anterior. La segunda cifra más alta del último decenio, sólo por detrás de 2018 que registro 3 millones 871 mil t. Las explotaciones de tomate en México se dan tanto con agricultura protegida como a cielo abierto, con uso de sistemas de riego, lo que permite mantener una oferta a lo largo de todo el año (Panorama agroalimentario, 2023).

Las principales entidades productoras del país comienzan como en primer lugar Sinaloa con 712, 013 t, continuando con la región centro occidente con los estados de; San Luis Potosí con 436, 097 t, Michoacán 356,776 t y Jalisco con 211, 716 t, Morelos zona centro en quinto lugar con una producción de 201, 721 t 6° y 7° lugar con la región del noroeste con Baja California Sur con 171, 838 t y Sonora con 153, 121 t. Para terminar con las últimas tres con Puebla con 150, 141 t, Zacatecas con 148, 310 t y México centro con una producción de 144, 124 t, el resto del país con una producción de 951, 070 t (Panorama agroalimentario, 2023).

Taxonomía del tomate.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en varias regiones de México aún persisten y se manejan poblaciones nativas de especies cultivadas en sistemas tradicionales. Se trata de un cultivo que se ha adaptado a diversas condiciones agroclimáticas y sistemas de producción (Chávez *et al.*, 2011).

Taxonomía

La clasificación taxonómica del tomate es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsidae

Clase: Angiospermae

Subclase: Personatae

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

Morfología de la planta del tomate

Tallo

Por lo general, los tallos cuentan con un diámetro de 2 y 4 centímetros en la base de la planta y se vuelve delgado en la parte superior, donde se desarrollan nuevas hojas, racimos de flores. Se compone por epidermis que incluye pelos glandulares, cilindro vascular, corteza y tejido medular (Avilés, 2024).

Hojas

Son imparipinadas y están formadas por folíolos alternos terminando en un solo folíolo en la punta. La cantidad de hojas por tallo y la frecuencia en la que aparecen están influenciadas principalmente por el hábito de crecimiento de la planta y la temperatura (Avilés, 2024).

Flores

Es hermafrodita con órganos funcionales de ambos sexos; produce múltiples flores por inflorescencia y en condiciones de invernadero una planta de crecimiento indeterminado puede generar más de 20 inflorescencias sucesivas durante un ciclo de cultivo, con racimos florales formándose aproximadamente cada semana y media (Avilés, 2024).

Frutos

Está compuesto en un 94-95% por agua, tiene el restante 5-6% constituido por una mezcla compleja de componentes orgánicos que le otorgan su sabor y textura distintivos. Generalmente tarda de 60 y 70 días hasta la cosecha y, además, las variedades cultivadas de tomate varían significativamente en forma, color y tamaño, incluyendo frutos rojos, naranjas, amarillos, marrones y verdes, con formas que van desde pequeños tomates cherry hasta grandes irregulares tipo beef (Kumar, 2020).

Semillas

Las semillas maduras están rodeadas de una sustancia gelatinosa (endocarpio) que llena las cavidades de la fruta, siendo numerosas, vellosas, de forma aplanada y

ovalada, con colores que varían desde crema hasta marrón claro, miden entre 3.1 y 4.2 mm (Avilés, 2024).

Fisiología del tomate

La fisiología de la planta de tomate depende de cada etapa fenológica, de acuerdo con Escobar *et al.*, (2010), éstas son:

Desarrollo vegetativo: comienza con la germinación y la emergencia de la plántula y continua hasta que aparece el primer racimo floral, el cual se presenta después de que se forman de 5 a 10 hojas, lo que sucede una vez que la planta alcance una altura de más de 40 cm (Escobar *et al.*, 2010).

Crecimiento vegetativo y reproductivo: en esta etapa, la planta experimenta un crecimiento simultáneo, vegetativo como reproductivo, ya que aparecen nuevas hojas y racimos florales, los cuales forman los frutos progresivamente (Escobar *et al.*, 2010).

Producción de frutos: los primeros frutos comienzan a madurar y están listos para cosechar, durante este tiempo, la planta sigue desarrollando nuevas hojas y racimos florales (Escobar *et al.*, 2010).

Maduración y fin del ciclo: debido a factores que se asocian a las prácticas de manejo o al tipo de hábito de crecimiento, el crecimiento se detiene de manera natural o inducida, solo continúa el desarrollo de los frutos que ya se han formado (Escobar *et al.*, 2010).

Principales problemas fitosanitarios del tomate

Algunos de los principales problemas fitosanitarios son de tipo fúngicos en el cultivo del tomate son: marchitez por Fusarium (*Fusarium oxysporum*), moho gris (*Botrytis cinérea*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), oídio (*Leveillula taurica*), pudrición de la raíz (*Rhizoctonia solani*), antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*); los cuales son de gran importancia, así mismo este grupo de enfermedades presentan

un amplio rango de sintomatologías las cuales pueden ser de ayuda para lograr su identificación a tiempo y poder gestionar una estrategia de manejo Jones *et al.*, (2015).

Así mismo podemos encontrar problemas de tipo viral que pueden afectar el cultivo de tomate, tales como: virus del mosaico del pepino (CMV), virus del marchitamiento manchado del tomate (TSWV), virus del achaparramiento arbustivo del tomate (TBVS), *Tobamovirus fuctirugosum* (ToBRFV), virus de las manchas necróticas impacientes (INSV), virus del mosaico del tabaco (TMV); siendo estos son algunos de los virus más importantes en el cultivo Jones *et al.*, (2015).

También podemos encontrar problemas causados por nematodos, siendo los de mayor importancia en el cultivo el nematodo lesionador (*Pratylenchus* spp.), el nematodo reniforme (*Rotylenchus reniformis*), el nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) y el nematodo picante (*Belonolaimus* spp.) Jones *et al.*, (2015).

Así como también podemos encontrar problemas por bacterias como: tizón bacteriano (*Pseudomonas viridiflava*), podredumbre blanda bacteriana (*Pectobacterium carotovorum*), mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*), podredumbre bacteriana del tallo (*Pectobacterium carotovorum*), marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), necrosis medular (*Pseudomonas corrugata*), amarillamiento de psíldos y permanente del tomate o zebrachip (*Candidatus Liberibacter solanacearum*), mancha foliar (*Pseudomonas syringae*) y el cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*), (La Sociedad Fitopatológica Estadounidense Jones *et al.*, (2015).

Cáncer bacteriano por *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis* (Cmm)

La bacteria *Cmm* fue identificada en 1983 como *Corynebacterium michiganensis*, pero actualmente fue nombrada como *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. En México y el mundo, el cáncer bacteriano ha sido una de las principales limitantes en la producción de tomate, ya que la enfermedad en

hortalizas ha venido en aumento debido al no haber un diagnóstico correcto y a tiempo para que los productores puedan saber manejar de manera apropiada (Romero, 2011). A causa de la infección con *Cmm*, siendo un fracaso de la producción de tomate, muerte prematura de toda la planta, resultan ser las pérdidas económicas sustanciales. En experimentos de campo han registrado pérdidas de rendimiento de hasta 84% en campos comerciales de Ontario, Canadá, esto puede variar, aunque la aparición de *Cmm* es esporádica y las pérdidas causadas por brotes también pueden ser menores (Nandi *et al.*, 2018).

Taxonómica de *Cmm*

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de *Cmm* según Jansen *et al.* (2004).

Reino: Bacteria

Phylum: Actinobacteria

Clase: Actinobacteria

Orden: Actinomycetales

Familia: Microbacteriaceae

Género: *Clavibacter*

Especie: *michiganensis*

Morfología de la bacteria

Esta bacteria es un bacilo Gram positivo, no móvil, aeróbico, productor de cápsula, que en agar nutritivo desarrolla colonias de color amarillo claro a naranja, mucóide, cuya temperatura óptima de crecimiento *in vitro* es de 25-28 °C, la máxima temperatura de crecimiento es cerca de los 35°C la temperatura letal es de 50°C (Schaad *et al.*, 2000; Jones *et al.*, 2001).

Sintomatología

Los síntomas causados por *Cmm* se diferencia, si la infección es sistémica o localizada (Gleason *et al.*, 1993). Los síntomas que se producen a partir de un inóculo presente en semillas o puede ingresar por medio de heridas en el tejido vascular (Romero, 2011).

El marchitamiento es una característica de una infección sistémica (figura 2A) y se toma como síntoma inicial, pero cuando la infección se produce después de la dispersión epífita, a través de tricomas o aberturas naturales (Balaji *et al.* (2008); Savidor *et al.* (2012). El desarrollo de la sintomatología puede variar según factores como la edad de la planta, sitio de infección, susceptibilidad del cultivo y las condiciones climáticas (Romero, 2011).

La infección localizada suele presentar necrosis marginal y manchas necróticas con halo amarillo en la hoja (figura 2B), con frecuencia son síntomas precoces de la infección; en ocasiones en la fase de inicial, ésta aparece primero con márgenes secos de color café en la parte inferior del follaje (figura 2C), ocasionalmente separadas del área verde por una zona estrecha de tejido amarillo (Romero, 2011). El margen de la necrosis aumenta y ocasiona marchitamiento en toda la planta (figura 2D). La inoculación en plantas jóvenes de invernadero puede producir pequeñas ampollas blancas en los cotiledones y follaje, este síntoma se observa raramente en campo. En los frutos se presentan en pequeñas lesiones (menor de 0.3cm de diámetro) de color marrón con halos blancos llamados ojo de pájaro (figura 2E). En los frutos a través del sistema vascular se presentan con un color amarillento a dorado, de los haces vasculares del fruto Medina-Mora *et al.* (2001).

En el caso de una infección sistémica, el marchitamiento se presenta como primer síntoma (Tancos *et al.*, 2013), en plántulas cuando ocurre la infección pueden marchitarse y colapsarse; en cambio, las adultas desarrollan lentamente los síntomas y en algunas ocasiones se presenta el marchitamiento unilateral pero la hoja eventualmente sucumbe, así como el tejido vascular de los tallos Ellison *et al.*

(2019). Al estar infectados muestran un amarillamiento que no mucho después toma un color café, el cual se nota en los nodos de forma vertical de los tallos. Mientras que el patógeno se extiende del xilema al floema y a células del parénquima, estas partes gradualmente se oscurecen y en algunas ocasiones se abren, con esto se revela la necrosis de la médula y corteza. Por lo que la enfermedad recibe su nombre por el desarrollo de cáncer en los tallos (Romero, 2011).

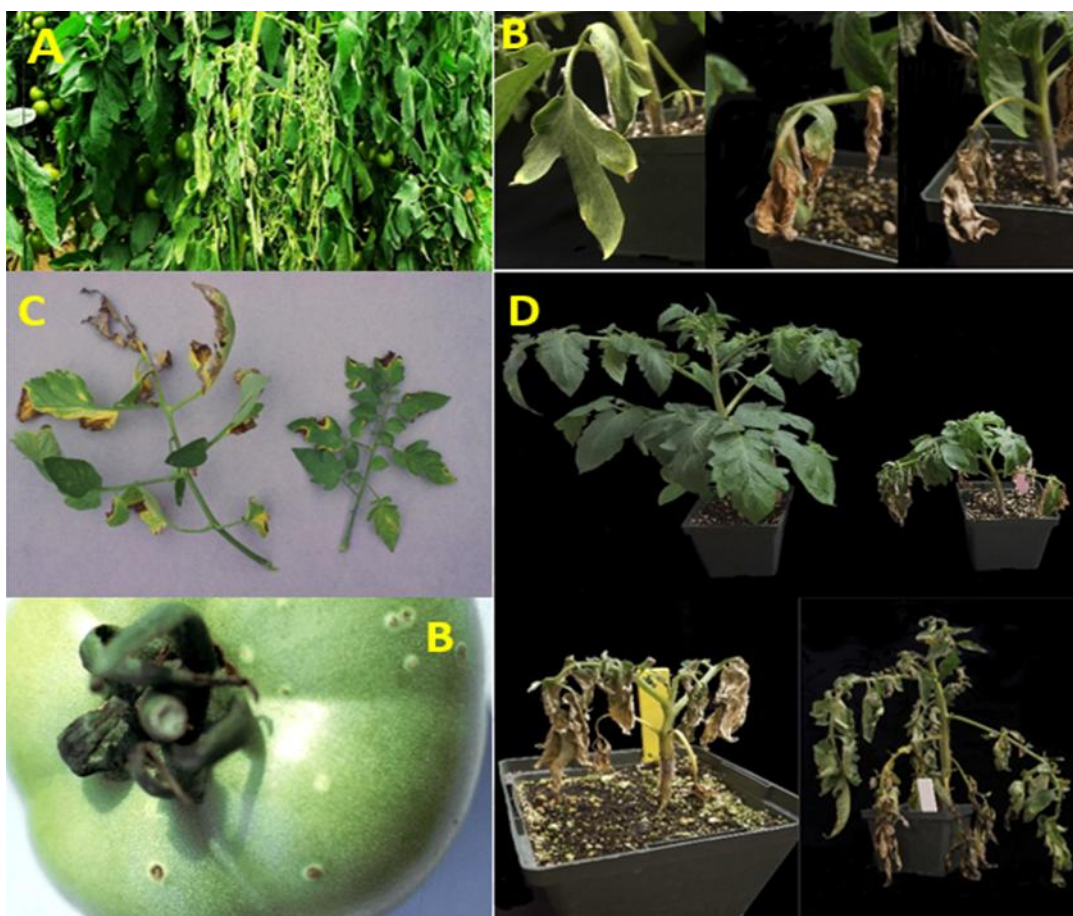


Figura 2. Sintomatologías de Cmm en plantas de tomate. A. Marchitamiento, B. Necrosis marginal y manchas necróticas con halo amarillo en la hoja, C. Márgenes secos de color café en el follaje, D. Necrosis aumenta y ocasiona marchitamiento en toda la planta, E. Lesiones en fruto de color marrón conocido como “ojo de pájaro” (Falconí y Tancos, 2021).

Epidemiología

De acuerdo al primer informe de la enfermedad en los EE. UU. El *Cmm* se ha extendido por todo el mundo y causa graves pérdidas tanto en los cultivos de tomate de invernadero como de campo, ya sea causando muerte a las plantas jóvenes o reduciendo los rendimientos comercializables. Es un patógeno que generalmente, es transmitido por semillas que coloniza el sistema vascular y el fruto. Las semillas contaminadas pueden albergar entre 100 y 1,000 unidades formadoras de colonias (UFC) por semilla de León *et al.* (2011); Hadas *et al.* (2005).

Cmm es económicamente importante, ya que, se transmite por semilla y uno de los agentes transmitidos por semilla más destructivos del tomate en todo el mundo. Se presenta en muchos países en tomate y pimiento con una mayor importancia en regiones que son caracterizados por veranos lluviosos y húmedos, áreas donde se utiliza riego por aspersión. Como se transmite por semilla está incluido en la lista A2 (alto riesgo) de patógenos de cuarentena por la Organización Europea de protección de las plantas (Olivier *et al.* 2010). La enfermedad se propaga a plántulas y plantas mediante prácticas como el corte y empaquetado para la producción de trasplantes; el atado y entutorado de tomates, el deshoje, del deschupado y el atado en invernaderos, en general, por salpicaduras de agua causadas por la lluvia, el riego por aspersión (Xu *et al.* (2015).

El patógeno puede sobrevivir en restos de plantas infectadas o en estacas y enrejados durante el tiempo suficiente para establecer una población residente en plántulas recién plantadas en la temporada siguiente. La importancia de estas fuentes locales de inóculo en el cancro bacteriano fue apoyada por estudios epidemiológicos que utilizaron la tipificación molecular de poblaciones naturales de *Cmm*. Esto indica que una vez que el patógeno se ha introducido en una región a través de semillas o plántulas infectadas, los restos vegetales podrían ser la principal fuente de inóculo en los años posteriores (Kleitman *et al.*, 2008).

Estrategias de manejo

El manejo del cáncer bacteriano es complicado, ya que el patógeno puede estar presente desde las semillas y la infección puede ocurrir después de la germinación, para ello, es importante tener conocimiento sobre estos aspectos tales como: su hábitat, ecología, sintomatología y mecanismos de dispersión. En la actualidad, no se ha encontrado un manejo que sea eficiente para controlar a *Cmm*, pero la ejecución correcta de actividades culturales y el uso de productos químicos a base de cobres, antibióticos, pueden ayudar a limitar las poblaciones de *Cmm* (Werner *et al.*, 2002).

Control cultural

Hace uso de prácticas agronómicas rutinarias para crear un agroecosistema adverso al desarrollo y a la supervivencia de las plagas o para hacer el cultivo menos susceptible a su ataque. Se realiza de manera preventiva y su efecto se extiende al tiempo, no afectan en el aumento de costos de producción, no contamina y es compatible con otros tipos de controles (Jaramillo y Rodríguez, 2006).

Los métodos utilizados en este control comienzan desde lo tradicional como la planificación de la fecha de siembra para romper la sincronización que efectúan las plagas en el cultivo; periodos libres de cultivo y destrucción de residuos de cosecha, con el de romper estados de latencia y reposo de las enfermedades desarrolladas en el cultivo anterior; remoción de partes de plantas afectadas; distancia de siembras adecuadas; fertilización balanceada, podas sanitarias, que tienen una mayor relevancia para la detección de plantas enfermas con *Cmm* (Jaramillo y Rodríguez, 2006).

Control mecánico

Son procedimientos para controlar, ya sea de manera preventivo o en el curativo. Es compatible con otras técnicas de control. Remoción y destrucción manual; es el procedimiento que consiste en la remoción y destrucción de los órganos infectados

de las plantas y con el uso de barreras físicas que ayudan a delimitar las zonas o áreas del cultivo que ha sido infecta para evitar su propagación a otras áreas del cultivo (Falconí, 2013).

Control biológico

Sobre el control en el que se involucran otros microorganismos que puedan ayudar a limitar el crecimiento o desarrollo total de los fitopatógenos, ya que al producir sustancias o inducir los mecanismos de resistencias propios de la planta o parasitar directamente al parásito (Grady *et al.*, 2016). Gran parte de dichos agentes de control biológico se encuentran en rizobacterias, incluidos muchos géneros que pueden colonizar eficientemente las raíces de las plantas y suprimir los patógenos invasores transmitidos por el suelo (Weller, 1988).

Se reporta que agentes de biocontrol que tienen una actividad antagónica a *Cmm*, que incluye el tratamiento de semillas y raíces con *pseudomonas fluorescentes* bajo condiciones de invernaderos según Amkraz *et al.* (2010) y Boudyach *et al.* (2010). En tratamiento de semillas con cepas de *Pseudomonas* y *Bacillus* se ha demostrado que disminuyen en la incidencia de *Cmm* en estudios de campo (Kasselaki *et al.*, 2011; Umesha, 2006).

El género *Pseudomonas* son reconocidas por su antibiosis, uno de los mecanismos clave en el biocontrol, por el cual pueden producir diferentes metabolitos antimicrobianos tales como, fenazinas, pirrolnitrina y cianuro de hidrógeno (HCN), junto con algunas enzimas degradativas, para la supresión de la enfermedad (Haas y Defago, 2005). La reducción del desarrollo de la población de *Cmm* por la cepa LBUM300 (*Pseudomonas* sp.) se le atribuye a la producción de los antibióticos 2,4diacetilfloroglucinol (DAPG) y HCN (Paulin *et al.*, 2017; Lanteigne *et al.*, 2012). A parte de las *Pseudomonas*, los microorganismos de actividad inhibidora de *Cmm* en condiciones de invernadero, se incluye la cepa de HL-12 de *Streptomyces* sp., *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y *Rhodosporidium diobovatum* (Yuan *et al.*, 2009; Utkhede y Koch, 2004).

Control químico

Se encuentran varios estudios sobre tratamientos químicos para semillas, plantas y suelos para el control de *Cmm*; los compuestos son hidróxido de cobre, sulfato de cobre, bactericidas como: estreptomicina, mancozeb, oxitetraciclina, sulfato de gentamicina, clorhidrato de oxitetraciclina, sulfato de cobre pentahidratado (Kasselaki et al., 2011; de León et al., 2011). Los anteriores compuestos muestran una reducción eficiente de las bacterias, pero el uso inadecuado puede ocasionar fitotoxicidad o promueven la resistencia (de León et al., 2011).

Otros métodos fitosanitarios pueden ser los tratamientos de semillas con nitrito acidificado o ácido clorhídrico al 1%. El tratamiento en el suelo con formaldehído reduce el crecimiento de bacteriano y el tratamiento del suelo con formaldehído, reducen tanto la carga bacteriana como el desarrollo de los síntomas, pero solo son parcialmente efectivos contra *Cmm* (Kasselaki et al., 2011).

Bioestimulantes

Los bioestimulantes son un amplio número de productos orgánicos y sintéticos que mejoran el rendimiento y calidad de las plantas, en presencia de estreses bióticos y abióticos.

Los bioestimulantes contienen carbohidratos simples y complejos que, al aplicarse en las plantas pueden alterar el metabolismo, actuando directamente como fuente de energía para los organismos microbianos endófitos y no endófitos, pero también como moléculas de señalización. Su complejidad del rol de los carbohidratos en la inducción de los procesos fisiológicos de las plantas, cual fue revisada por Trouvelot et al. (2014), quien sugirió que los carbohidratos activaban reacciones de defensa por patrones moleculares asociados a patógenos (PAMP), patrones moleculares asociados a microbios (MAMPS) y patrones moleculares asociados a daños (DAMP). Destacando principalmente clases de carbohidratos que están involucrados en la inducción de las plantas (beta- glucanos, quitina, pectina) y se discute como el grado de polimerización y los tipos de oligosacáridos afectan a la

actividad biológica. Esta revisión sugiere, además, que los carbohidratos en bioestimulantes pueden actuar manipulando beneficiosamente las cascadas de señalización de las plantas (Patrick Brown; Sebastian Saa, 2015).

Inductores de Resistencia

Se conoce así a la sustancia que se aplica a las plantas para estimular su sistema inmune, mediante la aplicación de sustancias que pueden ser de origen biológico, químico o físico. Estos activan diferentes rutas metabólicas en las plantas que permiten reconocer, detectar y reaccionar a los agentes patógenos que las están atacando; como pueden ser los insectos, hongos, virus, nemátodos y bacterias (Blancas, 2024).

La manera del cómo se defienden las plantas de los agentes patógenos es por medio de los mecanismos de defensa, esto depende de una señalización a nivel molecular y fisiológico; en el cual intervienen las células vegetales y el fitopatógeno biótico, bajo influencia de las condiciones ambientales. Cuando el fitopatógeno ya entro en contacto físico con la planta, intentara colonizar la superficie o penetrar sus tejidos para iniciar el proceso de infección (Rivas, 2022). Para evitar esto su primera línea de defensa que tienen las plantas son las barreras estructurales (ceras, cutícula, células de la epidermis) y moléculas preformadas (fenoles, taninos y ácidos grasos), cuyas funciones principales son las de contener o inhibir la entrada de los agentes patógenos. No obstante, si logra penetrar estas defensas, se desencadenará una serie de mecanismos que la planta accionará como estrategias de protección (Cook *et al.*, 2015).

Para que la planta inicie el proceso de autodefensa, el cual no siempre genera resistencia primero deberán reconocer algunas moléculas (conocidas como inductores de defensa) presentes o secretadas por los fitopatógenos, en caso de no lograr reconocerla, pueden presentarse alteraciones estructurales o fisiológicas o en algunos casos, la muerte celular. Se encuentran diversos inductores de defensa que las plantas pueden reconocer, principalmente, componentes de la superficie celular, enzimas y metabolitos secundarios (Tian *et al.*, 2016).

Tabla 1 Algunas moléculas inductoras de defensa en las plantas (Blancas, 2024).

Inductor	Clasificación	Nombres comerciales
Glucano	Polisacárido	
Quitina	Polisacárido	Quitosano®
Pectina	Polisacárido	
Harpín	Proteína	Messenger Gold®
Flagelina	Proteína	
Glicoproteína	Proteína	
Ergosterol	Esterol	
Toxina	Proteína	
Poligalacturonasa	Proteína	
Ácido salicílico		
Acibenzolar-S-Metil		Actigar 50 ® GS, Boost® 500 SC
Ácido 2,6- dicloroisonicotinico		
Ácido 3-aminobutanoico		
Fosfito de potasio		Agrifos® 400 SL
Propiconazol		Tilt® 250 EC

SAR e ISR se han establecido en la literatura como las dos principales formas de resistencia inducida, pero se diferencian de acuerdo con sus vías de señalización subyacente y en la evidencia de SAR es predominantemente eficaz contra patógenos biotróficos, mientras que ISR es más eficaz contra patógenos necrotróficos (Pieterse *et al.*, 2014).

Las fitohormonas ácido salicílico (SA) y el ácido jasmónico (JA) desempeñan un papel central en la regulación de la respuesta de defensa con interacciones sinérgicas y/o antagónicas entre las vías de respuesta de SA Y JA, ya que, afinan la respuesta transcripcional de acuerdo con el desencadenante molecular original. La aplicación exógena de SA Y JA regulan de manera similar las respuestas de defensa de las plantas.

Los inductores de SAR son ideales para controlar enfermedades porque desencadenan una respuesta que puede proteger a la planta de patógenos fúngicos, bacterianos y virales, si el producto es aplicado en el momento correcto (Jason, 2011).

METODOLOGIA

Ubicación del experimento

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Posgrado del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza.

Material biológico *Cmm*

La cepa de *Cmm* fue proporcionada por el Doctor Moisés Roberto Vallejo Pérez de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Para la activación de *Cmm* se preparó el medio de cultivo (6 g de Protease peptone, 0.45 g de Fosfato Dipotásico (K_2HPO_4), 0.45 g de Sulfato de Magnesio ($MgSO_4 \times 7 H_2O$), 4.5 g de agar y se aforo con 4.5 ml de Glicerol para 300 ml de agua destilada). El cual se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Con un asa bacteriológica se tomó una porción del aislado de la bacteria *Cmm* y se transfirió a cajas Petri. Las cajas Petri finalmente se llevaron a la incubadora a una temperatura de 27 °C.

Producción de inóculo para pruebas *in vitro* y de invernadero

La preparación del inóculo se realizó en medio líquido Luria-Bertani (LB) (peptona 10 gr, extracto de levadura 5 gr y NaCl 5gr). Donde se tomó crecimiento del aislado de *Cmm* (reservado en medio KB) y se cultivó en medio líquido LB a 28 °C a 150 rpm hasta alcanzar una densidad óptica de 0.2 a 600 nm (EPOCHH, Agilent Technologies, Inc.) correspondiente a unas 1×10^8 ufc/ml.

Evaluación de los bioestimulantes por la técnica de microplaca.

La metodología implementada fue la técnica de microdilución en placas, en base a las metodologías propuestas por Gabrielson *et al.* (2002) y Masoko *et al.* (2005). Los tratamientos que se usaron fueron los siguientes: n-acetilcisteína (ACETIL), ácido hexanoico (AHX), menadiona (MSB) y ácido salicílico (AS) los cuales fueron evaluados bajo un diseño experimental completamente al azar; para lo cual se desarrolló el siguiente procedimiento:

En placas de 96 pozos se aplicaron 100 µL de caldo de Sabouraud por cada pozo. Posteriormente se prepararon soluciones madre para cada bioestimulante en concentraciones de 8000ppm; de la cual se agregaron 100µl de los bioestimulantes a partir de la columna 4, sin cambiar o separar demasiado la micropipeta se mezclaron y se volvió a tomar los 100 µl para vaciar en la siguiente columna. Para así tener como resultado las concentraciones de 15.62ppm, 31.25ppm, 62.5ppm, 125ppm, 250ppm, 500ppm, 1000ppm, 2000ppm y 4000ppm. Desde la columna uno a la columna 12, se les agregó 40 µl del agente revelador de crecimiento. Después se agregaron 10 µl de una solución de bacteria (1×10^6) a partir de la segunda columna hasta la columna 12, ajustada previamente en el lector de placas a una absorbancia de 600 nm. A la 48 hr se realizó una lectura de absorbancia a 490nm.

Para la variable de inhibición del crecimiento se realizó un análisis de varianza, una separación de medias aplicando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) en el programa estadístico del SAS versión 9.1. Con los datos de inhibición del crecimiento obtenidos se realizó un análisis Probit por la curva de concentración-mortalidad, para el registro de las concentraciones letales (CL_{50}).

Siembra, trasplante e inoculación de plantas con *Cmm*, aplicación de los bioestimulantes

En la producción de plántula se utilizó la semilla de tomate de la variedad Río Grande, para su germinación en charola de 200 cavidades, con una mezcla homogénea usando peat moss y perlita (proporción 1:1). Cuando las plántulas

contaban con tres hojas verdaderas fueron trasplantadas en bolsas de polietileno negro de 40x40cm con una mezcla de peat moss y perlita (en la proporción antes mencionada). La inoculación en las plantas con la bacteria **Cmm** (concentración de 1×10^6) utilizando una jeringa se inyectaban (1.5 ml) en las plántulas a la altura de la primera hoja en el peciolo.

Una vez con las plantas inoculas a las 24 hr fueron aplicados los bioestimulantes (ACETIL, AHX, MSB, AS y ACTIGAR®) cada uno a concentración de CI_{50} y CI_{90} (obtenidas de la evaluación *in vitro*, ver tabla 2), las cuales se aplicaron con un atomizador de 1L aplicando a punto de rocío; los tratamientos se aplicaron a las 24 hr después de trasplante, 15 ddt y 30 ddt. Desde la emergencia de las plántulas hasta el término del experimento se realizaron riegos con la solución nutritiva Steiner (1961), los riegos se realizaron según la etapa fenológica del cultivo.

Tabla 2. Tratamientos evaluados en las pruebas de invernadero.

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN (ppm)
ACETIL CI_{90}	189.72
ACETIL CI_{90}	3398
AHX CI_{50}	0.23
AHX CI_{90}	139.43
MSB CI_{50}	463.94
MSB CI_{90}	5398
AS CI_{50}	257.17
AS CI_{90}	2187
T. A	Sin estrategia de manejo
T. IN	Sin estrategia de manejo
TQ	30 gr/Ha (Actigar®)

Variables evaluadas

La severidad en las plantas inoculadas con *Cmm* se determinó mediante la escala propuesta por Sen et al. (2013), donde se establecen cinco categorías; 0: una hoja con síntomas de marchitez, 1: más de una hoja marchita, 2: menos del 50% de las hojas con síntomas de marchitez, 3: entre el 50 y 76% de hojas marchitas, 4: más del 75% de hojas marchitas, pero menos del 100%, 5: toda la planta marchita y muerta. Para determinar la severidad, se realizaron lecturas de severidad cada semana hasta los 88 días después de la inoculación, con los datos obtenidos se calculó el área de bajo de la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), haciendo uso de la ecuación propuesta por Shaner y Finney (1977).

$$ABCPE = \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Dónde:

Y_i : es la intensidad de la enfermedad, t : es el tiempo de la evaluación en días después de la siembra, n : el número de evaluaciones.

Así mismo, se registraron los parámetros agronómicos, altura de la planta (ALTP), grosor del tallo (GT), peso fresco de la planta (PFP), número de racimos (NR), peso fresco de la raíz (PFR), longitud de la raíz (LR), contenido de clorofila (SPAD). Con los cuales se realizaron análisis de varianza para cada variable y comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey con el programa estadístico del SAS versión 9.

RESULTADOS

Los efectos sobre la inhibición del crecimiento bacteriano de Cmm se muestra en la tabla 3; donde los ingredientes activos n-acetilcisteína, ácido hexanoico, menadiona y ácido salicílico mostraron una inhibición del 7.94-97.32 %. Siendo que la menadiona mostró el mayor efecto inhibitorio en la evaluación (84.91 y 97.32 %) a concentraciones de 2000 y 4000 ppm (0.001); Cabe señalar que el aHx mostró una inhibición ligeramente menor (96.16 %) que la menadiona, pero su efecto inhibitorio no mostro diferencia significativa ($p < 0.001$) en las concentraciones de 62.5-4000 ppm.

Se ha reportado en evaluaciones de n-acetilcisteína a 1000, 2000 y 6000 ppm, a partir de 1000 ppm de n-acetilcisteína disminuyen significativamente la formación de biopelículas por *Xylella fastidiosa* y la cantidad de exopolisacáridos que producen. Así mismo se pudo determinar que a concentraciones de 6000 ppm de n-acetilcisteína se reduce en 100 % las células viables, lo que indica que la n-acetilcisteína actúa como agente antimicrobiano. Cabe destacar, que en esta evaluación se obtuvo una inhibición similar (90.5 – 93.1 %) en un rango de concentración inferiores de 1000-4000 ppm; siendo que Muranaka *et al.* (2013) también registra un 10 % de células viables a partir de 1000ppm.

Hong *et al.* (2016) evaluaron el efecto bactericida de la tiamina, niacina, piridoxina y la menadiona en un rango de 165 a 6606 ppm sobre el crecimiento de *Ralstonia solanacearum*, donde obtuvieron un rango del 40 -100 % de inhibición sobre el crecimiento bacteriano, donde las concentraciones del 1651.5-6606 ppm lograron inhibir el 100 % del crecimiento de *R. solanacearum*. Cabe señalar que en esta investigación a 4000 ppm se obtuvieron inhibiciones del crecimiento bacteriano del 97.32 %.

Caccalano et al. (2021) evaluó la capacidad del aHx para inhibir el crecimiento de *Xanthomonas citri* a concentraciones de 25 a 1000 ppm; donde se pudo observar un rango de inhibiciones al 100%, donde las concentraciones de 125-1000 ppm lograron reducir el crecimiento de *X. citri* en un 100%. Determinando la 250 ppm como la concentración bactericida. En esta investigación se observó que desde 62.2 a 4000 ppm se obtuvo una inhibición del crecimiento bacteriano que va desde el 85.55% al 96.16 %.

Jabnoun-Khiareddine et al. (2015) reportan como efecto supresivo del ácido salicílico sobre los agentes causales de la pudrición del tomate (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *F. solani*, *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum coccodes*, *Pythium aphanidermatum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinérea* y *Alternaria solani*) a concentraciones de 138, 690, 1381 y 3453 ppm; donde de manera general reportan una inhibición del crecimiento del 74.33 % a 1381 ppm, donde podemos observar que a partir de 3453 ppm en todas las especies se registró un 100 % de la inhibición. Cabe señalar que en esta investigación no se registraron inhibiciones del 100 %, pero de 1000 – 4000 ppm se observaron inhibiciones del crecimiento bacteriano de 92.46 - 95.81 % ($p < 0.001$).

Tabla 3. Efecto in vitro en Cmm de la aplicación de bioestimulantes.

CONCENTRACIÓN	ACETIL	aHx	MSB	AS
15.62	26.89± 11.37 c	78.87± 11.97 b	7.94± 5.12 d	9.80± 5.12 d
31.25	26.79± 9.34 c	80.98± 12.25 b	16.88± 2.06 dc	14.25± 3.15 d
62.5	27.66± 8.80 c	85.55± 8.72 ba	18.70± 5.83 dc	18.03± 8.22 d
125	27.86± 10.79 c	93.27± 2.69 a	21.49± 3.12 dc	30.10± 3.88 c
250	28.35± 10.48 c	95.01± 0.24 a	13.42± 4.94 d	35.79± 6.44 c
500	65.37± 15.30 b	95.34± 0.09 a	32.44± 11.01 c	53.94± 9.61 b
1000	90.49± 0.98 a	95.40± 0.25 a	70.63± 18.32 b	92.46± 0.84 a
2000	91.74± 0.79 a	94.64± 0.48 a	84.91± 11.43 a	94.94± 1.74 a
4000	93.10± 0.74 a	96.16± 0.78 a	97.32± 0.18 a	95.81± 0.53 a
p-valor		0.001		

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

La estimación de la concentración inhibitoria media de cada uno de los ingredientes activos se muestra en la tabla 4; donde podemos observar que las CI_{50} van desde 0.226 a 463.94 ppm, siendo el aHx el que registro la menor CI_{50} ; seguido del n-acetilcisteína ($CI_{50} = 189.72$ ppm). Siendo que aHx y MSB fueron los que registraron los mayores rangos de inhibición del crecimiento de *Cmm*.

Tabla 4. Estimación de la concentración inhibitoria de los bioestimulantes en Cmm

Tratamiento	CI_{50}	Limites fiduciales		Ec. Predicción	R^{2*}
		Inferior	Superior		
ACETIL	189.72	75.56	451.65	$y = -2.3299 + 1.0227x$	0.6382
AHX	0.226	0.00718	1.2548	$y = 0.2965 + 0.4593x$	0.2745
MSB	463.94	227.106	1153	$y = -3.2062 + 1.2024x$	0.8220
AS	257.16	167.66	399.08	$y = -3.3225 + 1.3785x$	0.6718

Picchi *et al.* (2015) reportó que la concentración inhibitoria de n-acetilcisteína en la que observó una inhibición total del crecimiento de *X. citri* fue de 8000 ppm. Mientras que en esta investigación la CI_{50} fue de 189.72 ppm, siendo esta concentración 42 veces menor al reportado por Picchi *et al.*, (2015).

Cacalano *et al.*, (2021) determinaron que la concentración inhibitoria para el control de *X. citri* con la aplicación de aHx fue de 125 ppm, pero donde la bacteria reactiva su crecimiento; también determinaron que la concentración bactericida fue de 250 ppm. Cabe señalar que en esta investigación la CI_{50} fue de 0.22618 ppm, lo cual representa un valor mayor o menor que el reportado por Cacalano *et al.* (2021).

Hong *et al.* (2016) demostró que la concentración mínima inhibitoria para *B. cinérea* fue de 344.36 ppm a MSB. Cabe señalar que en esta investigación la CI_{50} fue de 463.94 ppm, siendo una concentración mayor a la reportada por Hong *et al.* (2016).

Según Ma *et al.*, (2023) la concentración mínima inhibitoria del AS para *X. oryzae*, pv. *Oryzae* fue de 50 ppm, lo cual es una concentración mayor/menor que la registrada en este trabajo. Mientras que Adamczak *et al.*, (2020) reportó que el AS tiene una concentración mínima inhibitoria en las bacterias *Staphylococcus aureus* (250–500 ppm), *Enterococcus faecalis* (250–500 ppm), *Pseudomonas aeruginosa* (250–500 ppm), *Escherichia coli* (250–500 ppm). Demostrando que esta investigación la concentración de 257.16 ppm fue similar a las reportadas por Adamczak *et al.*, (2020).

La tabla 5 muestra la severidad acumulada en las plantas de tomate inoculadas con *Cmm* y tratadas con los bioestimulantes; donde se puede apreciar una reducción de la severidad del 15.4 al 76.92 %; siendo los tratamientos con mayor eficiencia en la reducción de la severidad de la bacteria *Cmm* el AHX (69.23) y MSB (84.61- 61.54 %).

Tabla 5. Severidad acumulada en plantas de tomate inoculadas con *Cmm* y tratadas con bioestimulantes.

TRATAMIENTO	SEVERIDAD ± DESVIACION ESTANDAR
ACETIL CI ₅₀	133.33 ± 61.10 ba
ACETIL CI ₉₀	160.00 ± 40.00 a
AHX CI ₅₀	53.33 ± 23.09 bac
AHX CI ₉₀	53.33 ± 23.09 bac
MSB CI ₅₀	66.66 ± 23.09 bac
MSB CI ₉₀	26.66 ± 23.09 bc
AS CI ₅₀	133.33 ± 61.10 ba
AS CI ₉₀	133.33 ± 61.10 ba
T. A	0.00 ± 0.00 c
T. IN	173.33 ± 46.18 a
TQ	160.00 ± 69.28 a
<i>p</i> -valor	0.031

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Según Scalschi *et al.*, (2013) reportó que en la aplicación de aHx a 70 ppm en plantas inoculadas con *Pseudomonas syringae* redujeron la aparición de síntomas en un 50%; mientras que, en esta investigación, con la aplicación de CI_{50} (0.226 ppm) y CI_{90} (0.406 ppm) del aHx, se logró una reducción de la severidad mayor (69.23%) a lo reportado por Scalschi *et al.*, (2013).

Roque-Enriquez *et al.* (2024) mencionan que la aplicación de MSB a 50, 88, 100 y 500 ppm en plantas de tomate inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum* lograron reducir la severidad (23.5 - 41.7%) y retardar la aparición de síntomas; cabe destacar que en este trabajo con la aplicación de la CI_{50} (463.94 ppm) y CI_{90} (835.09 ppm) redujo la severidad de *Cmm* en un 84.61 y 61.54 %.

Tabla 6. Variables agronómicas en plantas de tomate inoculadas con *Cmm* y tratadas con bioestimulantes.

Tratamiento	VARIABLES AGRONÓMICAS (MEDIA± DESVIACIÓN ESTANDAR)						
	ALTP (cm)	GT (mm)	PFP (gr)	NR	PFR (gr)	LR (cm)	SPAD
ACETIL CI_{50}	133.00±54.08ab	5.70±0.4 bac	171.50 ±61.50bac	1.66±2.88a	30.33±6.42ba	33.66±1.15c	15.40±1.73ba
ACETIL CI_{90}	119.33±14.97ba	5.55±0.60bac	201.00±31.00bac	3.66±1.52a	22.33±2.08bc	48.66±10.06bac	19.60±5.62ba
aHx CI_{50}	161.00±5.29ba	4.68±1.04bc	223.66±23.62bac	5.66±.08 a	25.33±0.57bc	71.66±13.86a	18.80±1.31ba
aHx CI_{90}	193.00±8.88a	6.47±0.68ba	263.66±11.59a	5.00±2.64a	27.66±2.08b	46.16±11.09bc	14.20±0.51b
MSB CI_{50}	199.66±20.59a	5.95±0.59bac	241.00±21.70bac	7.66±4.72a	41.33±6.80a	58.00±9.84ba	16.06±2.00ba
MSB CI_{90}	138.33±7.50ba	4.37±0.81c	116.00±18.19c	1.00±1.00a	22.66±2.51bc	67.00±8.00ba	16.10±3.57ba
AS CI_{50}	175.33±14.97a	5.91±0.33bac	247.00±6.55ba	5.66±0.57a	27.66±3.21b	65.16±4.07 ba	17.33±5.14ba
AS CI_{90}	122.33±28.09ba	5.78±0.84bac	150.66±59.07bac	3.33±2.08a	28.00±3.00b	47.66±29.26bc	24.13±0.66a
T. A	166.33±18.55ba	6.95±0.73a	235.00±20.80bac	7.33±2.08a	27.33±0.57b	50.00±3.00bac	19.30±3.76ba
T.IN	86.66±66.72b	5.48±0.12bac	213.33±81.45bac	5.66±1.52a	14.33±7.63c	45.00±12.12bc	13.90±2.86b
T. Q	121.33± 16.92 ba	4.56± 0.36 c	132.00± 69.02 bc	1.33±1.52a	20.00±4.00bc	33.00±22.86 c	21.20±1.37ba
p-valor	0.003	0.002	0.004	0.014	0.001	0.033	0.013

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

En la variable ALTP no se registra diferencia significativa entre los tratamientos y el TA ($p < 0.003$); cabe destacar que porcentualmente los tratamientos aHx CI_{90} , MSB

Cl₅₀ y AS Cl₅₀ fueron los que registraron un incremento del 5.4-20% sobre la variable mencionada. Cabe señalar que el tratamiento MSB Cl₅₀ fue el que mayor incremento en ALTP registró (199.66±20.59 cm). Cabe mencionar que estos resultados son similares a los obtenidos por García-Machado *et al.*, (2022) quienes obtuvieron un incremento del 28% en la altura de planta inoculadas con *B. cinérea*, tratadas con 1982 ppm. Siendo que Roque-Enriquez *et al.* (2024) registra incrementos del 50% en la altura de planta al aplicar 500 ppm de MSB.

Para la variable GT la mayoría de los tratamientos registraron un incremento (1.27-18.1 %) por encima del testigo inoculado ($p < 0.002$), a excepción de los tratamientos MSB Cl₉₀ y aHx Cl₅₀. Cabe señalar que el tratamiento aHx Cl₉₀ expreso el mayor incremento de la variable GT (6.47±0.68 mm) con respecto al testigo inoculado. Benavides- Mendoza *et al.*, (2007) reporta un incremento en el grosor del tallo del 1.2% con la aplicación del ácido carboxílico (ácido benzoico), lo cual es un porcentaje inferior a lo reportado en esta investigación.

En la variable PFP solo tratamientos aHx Cl₉₀, MSB Cl₅₀, MSB Cl₉₀, AS Cl₅₀ mostraron un incremento mayor al registrado por TA ($p < 0.014$) con un incremento del 2.55- 12.19% por encima en la variable. Resaltando a aHx Cl₉₀ que fue el de mayor incremento en PFP registró (263.66±11.59). Valdez- Sepúlveda *et al.*, (2015) reporta que la aplicación de ácido carboxílico (ácido benzoico) a concentraciones de 12.21, 1.22 y 0.12 ppm logran un incremento del 8 al 8.8% siendo la concentración de 0.12 ppm la única que registro una reducción en el crecimiento (8.2%) con seis aplicaciones. Cabe mencionar que el desarrollo en esta variable fue ligeramente mayor con 12.19% con tres aplicaciones.

En la variable NR, no se registró diferencia significativa; donde la mayoría de los tratamientos no registraron un incremento mayor a valor registrado por TA ($p < 0.003$); señalando que el incremento registrado por MSB Cl₅₀ para NR mostro un incremento mayor de 4.5% (7.66±4.72). En esta investigación no se llegó a cosecha, por lo cual no se pudieron determinar variables de calidad sobre el fruto. Sin embargo, se ha establecido que la aplicación de 500 ppm en plantas de tomate

mejora el rendimiento de diámetro polar y ecuatorial, firmeza y grados brix Roque-Enriquez *et al.* (2024).

Para la variable PFR, los tratamientos que más destacaron fueron ACETIL Cl₅₀ y MSB Cl₅₀ sobre el TA ($p < 0.001$); los cuales porcentualmente incrementaron en un 10.97 y 51.22 % sobre la variable. Señalando que el tratamiento de MSB Cl₅₀ fue el que registro un mayor incremento en PFR con 41.33 ± 6.80 . Cabe mencionar que el incremento PFR es inferior al reportado por Roque-Enriquez *et al.* (2024) quienes al aplicar 500 ppm en plantas de tomate inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum* obtuvieron un incremento en el PFR a un 73%.

Para la LR únicamente los tratamientos registraron un incremento aHx Cl₅₀, MSB Cl₅₀, MSB Cl₉₀ y AS Cl₅₀ por encima del testigo absoluto ($p < 0.033$); destacando a aHx Cl₅₀ que tuvo 43% de incremento sobre la variable. Señalando así a aHx Cl₅₀ como el que mayor incremento en LR registró (71.66 ± 13.86). Lemus-Soriano *et al.*, (2021) determino un incremento en la longitud de raíz en un 26.91% al aplicar ácido carboxílico en una dosis de 3ml/L en plántulas de aguacate, siendo mayor el incremento registrado en esta investigación.

En la variable SPAD no se registra diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.013$), siendo únicamente inferior en la variable el testigo inoculado; resaltando el incremento de la variable por el tratamiento AS Cl₅₀, que incremento en 25.02% la producción de clorofila (24.13 ± 0.66). Zarate-Martínez *et al.*, (2018) reporta una disminución de las unidades SPAD del 7.3% en plantas inoculadas con *Cmm*. Falcioni *et al.*, (2013) reporta que el contenido de clorofila en plantas de tomate infectadas con el virus X de la papa (potato virus X) y sin inocular (33.8 ± 0.6 y 36.4 ± 0.5); donde al aplicar AS a 207 y 483 ppm se registra una disminución de la clorofila en plantas inoculadas y sin inocular. Siendo que 207 ppm de AS las plantas infectadas registraron una mayor cantidad de unidades SPAD (38.8 ± 0.7) que las no infectadas (32.5 ± 0.5). Mientras que a 483 ppm las plantas sanas mostraron un incremento en las unidades SPAD (36.5 ± 0.8) sobre las infectadas con el virus X de la papa (33.9 ± 0.6).

El aHx se considera como un inductor de resistencia de iniciación natural en una amplia gama de plantas hospedantes y patógenos, ya que activa tempranamente defensas de amplio espectro al inducir deposición de calosa, además de las vías JA y AS. Puede iniciar respuestas específicas en cada caso particular de acuerdo al patógeno y sus características; el aHx activa genes relacionados con el redox y tiene un efecto protector antioxidante, que puede ser crítico para la infección de los organismos necrótrofos (Aranega-Bou, 2014).

MSB es un derivado de la Vitamina K3 induce resistencia a los ataques de patógenos y plagas, así como contrarresta los efectos nocivos por estrés abiótico en los cultivos (Borges et al., 2010; Borges et al., 2003). Se le atribuye su acción a la expresión de proteínas relacionadas con la patogenicidad y a la expresión sistémica de la enzima ascorbato peroxidasa, produciendo un aumento oxidativo que genera una red de señalización que incrementa las especies reactivas de oxígeno, induce la acumulación de proteínas de defensa, lo prepara a la planta mejore la respuesta al estrés (biótico o abiótico). Así mismo, mediante la acumulación de fitoalexinas durante la patogénesis que refuerza los mecanismos de defensa (Borges et al., 2004; Borges et al., 2014).

CONCLUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación, los cuatro productos mostraron alta eficiencia en la inhibición *in vitro*; sin embargo, la menadiona y el ácido hexanoico mostraron los mejores valores de inhibición del crecimiento bacteriano *in vitro* (97.32 y 96.16 %). Sin embargo, el que registró la CI_{50} más baja fue el ácido hexanoico con 0.226 ppm; mientras que la menadiona registró la CI_{50} más elevada. Siendo que en los parámetros agronómicos la menadiona destaco en las variables severidad, altura de planta, numero de racimos, peso fresco de la raíz; siendo que el ácido hexanoico destaco sobre los parámetros grosor de tallo, peso fresco de la planta y longitud de raíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Adamczak, A., Ożarowski, M. y Karpiński, TM (2020). Actividad antibacteriana de algunos flavonoides y ácidos orgánicos ampliamente distribuidos en plantas. *Journal of Clinical Medicine* , 9 (1), 109. <https://doi.org/10.3390/jcm9010109>.
- Amkraz, N., Boudyach, E., Boubaker, H., Bouizgarne, B. y Aoumar, AAB (2010) Detección de pseudomonas fluorescentes aisladas de la rizosfera del tomate para determinar su actividad antagonista frente a *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 26, 1059–1065.
- Ana Luz Romero García. (2011). Control Biológico De *Clavibacter Michiganensis subsp. michiganensis*. PDF.
- Aranega-Bou Paz, de la O Leyva Maria, Finiti Ivan, García-Agustín Pilar, González-Bosch Carmen. (2014). Fomento de la resistencia de las plantas mediante compuestos naturales. El ácido hexanoico como modelo. *Frontiers in Plant Science*. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2014.00488>
- Balaji, V., Mayrose, M., Sherf, O., Jacob-Hirsch, J., Eichenlaub, R., Iraki, N., ... y Sessa, G. (2008). Los cambios transcripcionales del tomate en respuesta a *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* revelan un papel del etileno en el desarrollo de enfermedades. *Fisiología vegetal*, 146 (4), 1797-1809.

- Benavides-Mendoza, A. (2007). El ácido benzoico y el políácido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Revista Terra Latinoamericana*, 25(3), 261-268.
- Borges A. A., A. Borges-Pérez and M. Fernández-Falcón (2004) Induced resistance to Fusarial wilt of banana by menadione sodium bisulphite treatments. *Crop Protection* 23:1245-1247, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.05.010>.
- Borges A. A., D. Jiménez-Arias, M. Expósito-Rodríguez, M. L. Sandalio and J. A. Pérez (2014) Priming crops against biotic and abiotic stresses: MSB as a tool for studying mechanisms. *Frontiers in Plant Science* 5:642, <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00642>.
- Borges A. A., H. J. Cools and J. A. Lucas (2003) Menadione sodium bisulphite: a novel plant defence activator which enhances local and systemic resistance to infection by *Leptosphaeria maculans* in oilseed rape. *Plant Pathology* 52:429-436, <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00877.x>.
- Borges A., A. A. Borges-Pérez y M. Exposito R. (2010) Uso de composiciones que contienen menadiona y/o alguno(s) de sus derivados hidrosolubles a fin de inducir en los cultivos tratados una mejora de sus frutos a la manipulación y al transporte. Patente ES 2 311 420 B1. Oficina Española de Patentes y Marcas. Madrid, España. <http://hdl.handle.net/10261/29263> (septiembre 2024).
- Cacalano, M. N., Dilarri, G., Zamuner, C. F. C., Domingues, D. S., & Ferreira, H. (2021). Hexanoic acid: a new potential substitute for copper-based agrochemicals against citrus canker. *Journal of Applied Microbiology*, 131(5), 2488-2499.
- Cañizares, J., y Blanca, J. (2022). La domesticación del tomate en América: un viaje de ida y vuelta. *The Conversation*. <https://theconversation.com/ladomesticacion-del-tomate-en-america-un-viaje-de-ida-y-vuelta-174844>.

- Chávez Servia, J. L. (2011). Utilización actual y potencial del jitomate silvestre mexicano.
- Cook, D. E., Mesarich, C. H., & Thomma, B. P. (2015). Understanding plant immunity as a surveillance system to detect invasion. Annual review of phytopathology, 53, 541–563. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120114>.
- 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. The American Phytopathological Society.
- Falcioni, T., Ferrio, J. P., del Cueto, A. I., Giné, J., Achón, M. Á., & Medina, V. (2013). Effect of salicylic acid treatment on tomato plant physiology and tolerance to potato virus X infection. European Journal of Plant Pathology, 138(2), 331–345. doi:10.1007/s10658-013-0333-1.
- García-Machado, FJ, García-García, AL, Borges, AA y Jiménez-Arias, D. (2022). Tratamiento de raíces con un derivado de vitamina K3: una alternativa prometedora a los fungicidas sintéticos contra *Botrytis cinerea* en plantas de tomate. Ciencia del manejo de plagas, 78 (3), 974-981.
- Gleason, ML, Gitaitis, RD y Ricker, MD (1993). Avances recientes en la comprensión y el control del chancro bacteriano del tomate en el este de Norteamérica. Plant Disease , 77 (11), 1069-1076.
- Grady, EN, MacDonald, J., Liu, L., Richman, A. y Yuan, ZC (2016) Conocimientos actuales y perspectivas de *Paenibacillus*: una revisión. Microb. Cell Fact. 15, 203.
- Haas, D. y Defago, G. (2005) Control biológico de patógenos transmitidos por el suelo mediante pseudomonas fluorescentes. Nat. Rev. Microbiol. 3, 307–319.
- Hadas, R., Kritzman, G., Klietman, F., Gefen, T. y Manulis, S. (2005). Comparación de procedimientos de extracción y determinación del umbral de detección

para *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* en semillas de tomate. Patología vegetal, 54 (5), 643-649.

Hong, JK, Kim, HJ, Jung, H., Yang, HJ, Kim, DH, Sung, CH, ... y Chang, SW (2016). Eficacias de control diferencial de los tratamientos vitamínicos contra las enfermedades del marchitamiento bacteriano y el moho gris en plantas de tomate. The Plant Pathology Journal , 32 (5), 469.

Hugo Blancas. (febrero, 2024). Inducción de Resistencia en Cultivos Agrícolas. SMEAP. Capacitación Agrícola Aplicada. <https://smeapmexico.org/inducccion-de-resistencia-en-cultivos/>.

J. P. Jones, T. A. Zitter, T. M. Momol y S. A. Miller. (mayo, 2015). Enfermedades del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). American Phytopathological Society. <https://www.apsnet.org/edcenter/resources/commonnames/Pages/Tomato.aspx>.

Jabnoun-Khiareddine, H., El-Mohamedy, RSR, Abdel-Kareem, F., Abdallah, RAB, Gueddes-Chahed, M., y Daami-Remadi, M. (2015). Variación de la eficacia del quitosano y el ácido salicílico frente a hongos transmitidos por el suelo y el aire y su efecto supresor de la gravedad del marchitamiento del tomate. J. Plant Pathol. Microbiol , 6 (11), 325-335.

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: Springer Publishing, 973-982.

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata. M.; Rengifo, T.; 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas.

Jason C. Hong, M. Timur Momol, Pingsheng Ji, Stephen M. Olson, James Colee, Jeffrey B. Jones, Manejo del marchitamiento bacteriano en tomates con timol y acibenzolar-S-metilo, Crop Protection, Volumen 30, Número 10, 2011, Páginas 1340-1345, ISSN.0261-2194,

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.05.019>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219411001979>)

Jones J B, J P Jones, R E Stall, T A Zitter (2001) Plagas y Enfermedades del Tomate. Sociedad Americana de Fitopatología. Ed. Mundi- Persa, España. pp:26-32.

José Santiago Falconí Palomino. (octubre, 2013). Guía del Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Guía Técnica, pp. 2-24

José Santiago Falconí, Christopher Peritore-Galve, Matthew A. Tancos y Christine D. Smartalomino. (abril, 2021). Cáncer bacteriano del tomate: un nuevo estudio sobre un patógeno transmitido por semillas que tiene consecuencias económicas y globales. Fitopatología y biología vegetal y microbiana., pp. 2-15.

Kasselaki, A.-M., Goumas, D., Tamm, L., Fuchs, J., Cooper, J. y Leifert, C. (2011) Efecto de estrategias alternativas para la desinfección de semillas de tomate infectadas con cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*). NJAS – Wageningen J. Life Sci. 58, 145–147.

Kleitman, F., Barash, I., Burger, A., Iraki, N., Falah, Y., Sessa, G., ... & Manulis-Sasson, S. (2008). Characterization of a *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* population in Israel. European Journal of Plant Pathology, 121, 463-475.

Kumar, A., Kumar, V., Gull, A., y Nayik, G. A. (2020). Tomate (*Solanum lycopersicon*). En G. A. Nayik y A. Gull (Eds.), Antioxidantes en verduras y frutos secos: propiedades y beneficios para la salud (pp. 191-207). Springer.

Lemus-Soriano, BA, Venegas-González, E., & Pérez-López, MA (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12 (6), 1139-1144.

- Ma, Y., Wang, Y. R., He, Y. H., Ding, Y. Y., An, J. X., Zhang, Z. J., ... & Liu, Y. Q. (2023). Drug repurposing strategy part 1: From approved drugs to agri-bactericides leads. *The Journal of Antibiotics*, 76(1), 27-51.
- Medina-Mora, CM, Hausbeck, MK, y Fulbright, DW (2001). Lesiones en forma de ojo de pájaro en frutos de tomate producidas por aplicación directa y en aerosol de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. *Plant disease*, 85 (1), 88-91.
- Muranaka, LS, Giorgiano, TE, Takita, MA, Forim, MR, Silva, LF, Coletta-Filho, HD, ... & de Souza, AA (2013). N-acetilcisteína en la agricultura, un nuevo uso para una vieja molécula: enfoque en el control del fitopatógeno *Xylella fastidiosa*. *PLoS One* , 8 (8), e72937.
- Nandi, M., Macdonald, J., Liu, P., Weselowski, B., & Yuan, Z. C. (2018). *Clavibacter michiganensis ssp. michiganensis*: bacterial canker of tomato, molecular interactions and disease management. *Molecular plant pathology*, 19(8), 2036–2050. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/mpp.12678>.
- Nandi, M., Macdonald, J., Liu, P., Weselowski, B., y Yuan, ZC (2018). *Clavibacter michiganensis ssp. michiganensis*: cancro bacteriano del tomate, interacciones moleculares y manejo de la enfermedad. *Molecular plant pathology* , 19 (8), 2036-2050.
- Olivier, V., Baloche, A., Drouin, A., Audusseau, C., Paillard, S., y Soubelet, H. (2010). Estudio comparativo de métodos internos y estudio interlaboratorio sobre *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en semillas de tomate 1. *Boletín EPPO*, 40 (2), 248-256.
- Patrick Brown, Sebastian Saa. (agosto, 2015). Bioestimulantes en la agricultura. *frontiers*, 6, pp. 2-3
- Paulin, MM, Novinscak, A., Lanteigne, C., Gadkar, VJ y Filion, M. (2017) Interacción entre *Pseudomonas brassicacearum* LBUM300 productora de 2,4-diacetilfloroglucinol y cianuro de hidrógeno y *Clavibacter michiganensis*

subsp. michiganensis en la rizosfera del tomate. Appl. Environ. Microbiol. 83, e00073–17.

Pérez, G: M: y Castro B: R: 2011. Jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Pp 133.

Picchi, SC, Takita, MA, Coletta-Filho, HD, Machado, MA y de Souza, AA (2015). La N-acetilcisteína interfiere con la formación de biopelículas, la motilidad y el comportamiento epifítico de *Xanthomonas citrisubsp.citri*. Fitopatología, 65(4), 561–569. doi:10.1111/ppa.12430.

Pieterse, CM, Zamioudis, C., Berendsen, RL, Weller, DM, Van Wees, SC, y Bakker, PA (2014). Resistencia sistémica inducida por microbios beneficiosos. Revisión anual de fitopatología , 52 (1), 347-375.

Raquel Lariza Avilés Tapia. (2023). Incidencia y Severidad del ToBRFV en Cultivares de tomate en Condiciones de malla sombra en El Valle de Culiacán. [Tesis Doctoral O De Maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa].
http://repositorio.uas.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/DGB_UAS/839/Tesis%20%20Avil%c3%a9s%20Tapia%2c%20Raquel%20Lariza.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Savior, A., Teper, D., Gartemann, KH, Eichenlaub, R., Chalupowicz, L., Manulis-Sasson, S., ... y Sessa, G. (2012). El interactoma *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*–tomate revela la percepción del patógeno por parte del hospedador y sugiere mecanismos de infección. Journal of proteome research , 11 (2), 736-750.

Scalschi, L., Vicedo, B., Camañes, G., Fernández-Crespo, E., Lapeña, L., González-Bosch, C., & García-Agustín, P. (2013). Hexanoic acid is a resistance inducer that protects tomato plants against *Pseudomonas syringae* by priming the jasmonic acid and salicylic acid pathways. Molecular plant pathology, 14(4), 342–355. <https://doi.org/10.1111/mpp.12010>.

- Schaad N W, J Jones B, W Chun (2000) Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic bacteria. Ed. APS Press. U.S.A. pp:1-15.
- SIAP.2023. Panorama Agroalimentario 2024, la edición estadística más importante del sector agroalimentario.
- Tancos, MA, Chalupowicz, L., Barash, I., Manulis-Sasson, S., & Smart, CD (2013). Colonización de frutos y semillas de tomate por *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* a través de vías internas y externas. Applied and environmental microbiology, 79 (22), 6948-6957.
- Tian, S., Torres, R., Ballester, A.-R., Li, B., Vilanova, L., y González-Candelas, L. (2016). Aspectos moleculares en las interacciones patógeno-fruto: virulencia y resistencia. Postharvest Biology and Technology, 122, 11–21. doi:10.1016/j.postharvbio.2016.04.
- Tomás Rivas García. (marzo, 2022). Inductores de defensa para activar el sistema inmune de las plantas. Ciencia, 73, pp. 2-6
- Umesha, S. (2006) Presencia de chancro bacteriano en campos de tomates de Karnataka y efecto del tratamiento biológico de semillas en la incidencia de la enfermedad. Crop Prot. 25, 375–381.
- Valdez Sepúlveda, Lidia, González Morales, Susana, Valdez-Aguilar, Luis Alonso, Ramírez-Godina, Francisca, & Benavides-Mendoza, Adalberto. (2015). Efecto de la aplicación exógena de ácido benzoico y salicílico sobre el crecimiento de plántulas de tomate, tomatillo y pimiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* , 6 (spe12), 2331-2343. Recuperado en 03 de marzo de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002331&lng=es&tlng=en.
- Weller, DM (1988) Control biológico de patógenos vegetales transmitidos por el suelo en la rizosfera con bacterias. Annu. Rev. Phytopathol. 26, 379–407.

- Werner NA, Fulbright DW, Podolsky R, Bell J, Hausbeck MK, 2002. Limitación de la población y propagación de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en plántulas de tomate en invernadero. *Plant Disease* 86, 535–42.
- Xu, X., Kumar, A., Deblais, L., Pina-Mimbela, R., Nislow, C., Fuchs, JR, ... y Rajashekara, G. (2015). Descubrimiento de nuevos moduladores de moléculas pequeñas de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*. *Fronteras en Microbiología*, 6, 1127.
- Yuan, H-P., Min, H., Lv, Z-M. y Li, Z-M. (2009) Actividad antimicrobiana del aislado HL-12 contra *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* en presencia de cadmio. *Ecotoxicology*, 18, 447–454.
- Zárate-Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., & Juárez-Maldonado, A. (2018). Efecto de los ácidos fenólicos en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) inoculadas con *Clavibacter michiganensis*. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (20). <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.1005>.