

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Cambios Fisiológicos de Plantas de Tomate Tratadas con Selenio
Bajo Estrés Biótico

Por:

GUADALUPE CRISTABEL ELÍAS RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Cambios Fisiológicos de Plantas de Tomate Tratadas con Selenio
Bajo Estrés Biótico

Por:

GUADALUPE CRISTABEL ELÍAS RODRÍGUEZ


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

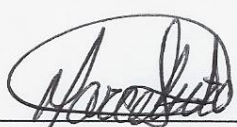
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Asesor Principal



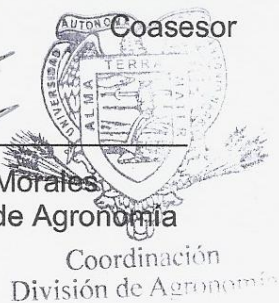
Dr. Susana González Morales
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

DEDICATORIAS

A mis padres: José de Jesús Elías Juárez y Ana Bertha Rodríguez Licea.

Con todo mi amor, cariño y admiración les dedico uno de mis logros que sin ustedes no habría sido posible. A ti Papi por ser mi fiel consejero y amigo, por siempre escucharme y darme tus sabios consejos que me confortan, por tener siempre esas ganas y fuerzas que hacen que sea valiente. A ti mami por ser mi amiga, por ser una valiente, porque siempre has sabido ser fuerte. A los dos por ser los mejores guías para mí, por siempre estar unidos y hacer que los sacrificios rindan frutos. Los amo.

A mis hermanos: José Luis, Karen, Jesús, Dalia y Joselyn, por estar siempre conmigo y ser mis mejores amigos, por dejarme aprender de ustedes, y ser muy valientes. Los quiero mucho, siempre juntos.

A todos mis familiares, especialmente a aquellos que siempre me brindaron su apoyo e influyeron para mi formación profesional. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Gracias por darme la vida, por estar conmigo en mis momentos más felices y difíciles, por nunca dejarme sola y sentir que siempre estás conmigo. Gracias por todo lo que me has dado y porque permites que todos los que quiero estén conmigo.

A mis padres

A ustedes por hacer que esto fuera posible, por darme la vida, amor, y estudio. Gracias por todo el apoyo a lo largo de mi carrera, y por permitirme formarme profesionalmente.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, mi Alma Mater, por darme la oportunidad de crecer en lo personal y profesional en todo este tiempo, gracias por todo lo que me has dado, por ser una gran casa. Siempre estaré orgullosa de pertenecer a esta gran Universidad. Eres valiosa mi Narrito.

A la **Dra. Susana González Morales** por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo, por su confianza, amistad y paciencia, gracias por tener siempre la disposición que permitió culminar este trabajo.

Al **Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente** gracias por su apoyo y tiempo dedicado en la elaboración de este trabajo, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, gracias también por la amistad que ha tenido conmigo.

Al **Dr. Leobardo Bañuelos Herrera**, gracias por todo el apoyo que me brindo en muchas ocasiones, por permitirme aprender de todas aquellas experiencias que me dejaron aquellos viajes de práctica, por ser un gran maestro y un buen amigo.

A **Michel**, por ser siempre un pilar importante en esta etapa de mi vida, por quererme y apoyarme incondicionalmente, gracias por cuidarme y darme valor con tus consejos, por creer en mí, por los tiempos que hemos pasado y los que vendrán, por todo aquello que perdure en el tiempo.

A **mis amigos**, Magdalena Negrete, Viviana Alvarado, Brenda Fuerte, Allisson Villalvazo, Yolanda Charles, Dalí Arrellano, Noelia Bartolón, Ángeles Jiménez, Carmen Alducin, Miguel Curiel, Iván García, Benjamín Rodríguez, gracias por compartir conmigo su esencia como persona, por toda su amistad y gran apoyo a lo largo de esta etapa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2. Generalidades del cultivo de tomate	4
2.1 Origen.....	4
2.2 Importancia económica y distribución geográfica	4
2.3 Descripción botánica y morfología.....	4
2.3.1 Raíz	5
2.3.2 Tallo.....	5
2.3.3 Hojas	5
2.3.4 Flor	5
2.3.5 Fruto	5
2.3.6 Semillas	5
2.4 Clasificación Taxonómica	6
2.5 Plagas del Cultivo de Tomate.....	6
2.6 Enfermedades del Cultivo de Tomate	6
2.7 Marchitez Vascolar del Tomate	7
2.8 Clasificación taxonómica y características morfológicas de la Marchitez vascular	7
2.8.1 Síntomas	8
2.8.2 Manejo de la enfermedad.....	8

2.9 Clasificación taxonómica y características morfológicas del Cáncer bacteriano	8
2.9.1 Ciclo de la enfermedad.	9
2.9.2 Síntomas	9
2.9.3 Manejo de la enfermedad.....	9
2.10 Inducción de resistencia en plantas.....	10
2.11 Inducción de resistencia sistémica adquirida (SAR).....	10
2.12 Inducción de resistencia sistémica	11
2.13 El Selenio	11
2.14 Efectos del selenio en plantas	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Localización del experimento	13
3.2 Descripción del experimento	13
3.2.1 Material Vegetal	13
3.2.2 Siembra.....	13
3.3 Tratamientos.....	13
3.4 Preparación del inóculo de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> . ..	14
3.5 Preparación del inóculo de <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	15
3.6 Prueba <i>in vivo</i>	15
3.7 Diseño experimental.....	17
3.8 Variables evaluadas	17
3.8.1 Número de hojas	17
3.8.2 Altura de planta	17
3.8.3 Longitud de raíz.....	17
3.8.4 Número de frutos por racimo.....	17

3.8.5 Número de frutos por planta.....	18
3.8.6 Peso fresco por planta	18
3.8.7 Conductancia estomática	18
3.8.8 Incidencia	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1 Número de hojas	19
4.2 Altura de planta	20
4.3 Longitud de raíz.....	21
4.4 Número de frutos por racimo	22
4.5 Número de frutos por planta.....	23
4.6 Peso fresco por planta.....	23
4.7 Conductancia estomática	24
V. CONCLUSIONES.....	27
VI. LITERATURA CITADA	28
VII. APÉNDICE	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1: Descripción de los tratamientos.....	14
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Comportamiento de la variable número de hojas en distintas etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 19
- Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta en distintas etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 20
- Figura 3 Comportamiento de la variable longitud de raíz en distintas etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 21
- Figura 4 Comportamiento de la variable número de frutos por racimo en la etapa fenológica producción de fruto en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 22
- Figura 5. Comportamiento de la variable número de frutos por planta en la etapa fenológica producción de fruto en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 23

Figura 6 Comportamiento de la variable peso fresco por planta en la etapa fenológica producción de fruto en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 24

Figura 7. Comportamiento de la variable conductancia estomática en diferentes etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp . *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 25

Figura 8. Comportamiento del porcentaje de la variable incidencia y severidad en diferentes etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16). 26

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas por efecto de la aplicación de selenito de sodio e inoculadas en la etapa de plántula.	36
Apéndice 2. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas por efecto de la aplicación de selenito de sodio e inoculadas en la etapa de floración.	36
Apéndice 3. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas por efecto de la aplicación de selenito de sodio e inoculadas en la etapa de amarre de fruto.	37
Apéndice 4. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de plántula.	38
Apéndice 5. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de floración.	38
Apéndice 6. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de amarre de fruto.	39
Apéndice 7. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de producción de fruto.	39
Apéndice 8. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de plántula.....	40
Apéndice 9. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de floración.....	41
Apéndice 10. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de amarre de fruto.....	41

Apéndice 11. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de producción de fruto.....	42
Apéndice 12. Análisis de varianza y comparación de medias para el número de frutos por racimo en la etapa de producción de fruto.	42
Apéndice 13. Análisis de varianza y comparación de medias para el número de frutos por planta en la etapa de producción de fruto.	43
Apéndice 14. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable peso fresco por planta en la etapa de producción de fruto.	43
Apéndice 15. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable conductancia estomática en la etapa de floración.....	44
Apéndice 16. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable conductancia estomática en la etapa de amarre de fruto.....	45
Apéndice 17. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable conductancia estomática en la etapa de producción de fruto.....	45
Apéndice 18. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable severidad en plantas de tomate.	46

Correo electrónico; Guadalupe Cristabel Elías Rodríguez,
criss_tuly12@hotmail.com

RESUMEN

El trabajo se realizó con el objetivo de evaluar en diferentes etapas fenológicas (plántula, floración, amarre de fruto y producción) el desarrollo de la enfermedad *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (CMM) en plantas de tomate tratadas con selenio bajo estrés biótico, se realizaron tres aplicaciones de selenio de forma asperjada (10 mg/L) los días 30 de los meses de mayo, junio y julio de 2014, para la nutrición del cultivo se utilizó la solución nutritiva Steiner. Posteriormente después de la aplicación del selenio las plantas fueron inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, (CMM). Las variables evaluadas fueron número de hojas, altura de planta, longitud de raíz, número de frutos por racimo, número de frutos por planta, peso fresco por planta, conductancia estomática e incidencia y severidad. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar. En los resultados se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en algunas variables como altura de planta, donde el Testigo Absoluto mostró el valor más elevado (92 cm) en la etapa de producción respecto a los demás tratamientos, respecto a la variable conductancia estomática el tratamiento CMM mostró el valor más elevado (898 mmol/(m² s) en la etapa de floración, en el número de frutos por racimo, el tratamiento Se+ CMM mostró el valor más elevado (6.1 frutos/racimo), en el peso fresco por planta, el tratamiento Testigo Absoluto mostró el valor más elevado (1.1 gramos por frutos por planta) respecto a los demás tratamientos; en el porcentaje de severidad de la enfermedad, el tratamiento FOL+ Se redujo un 10 % la severidad respecto al tratamiento FOL, y el tratamiento CMM + Se redujo un 25 % la severidad respecto al tratamiento CMM.

Palabras clave: selenito de sodio, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza que se encuentra entre los 10 cultivos principales del mundo; es un cultivo extremadamente importante en todas las regiones (América, Europa, Asia y África), y sus características de nutrición y sabor gustan a diferentes grupos de consumidores (Mathias, 2014).

La producción de tomate en el mundo incluye gran número de países, entre ellos se encuentra China, Turquía, India, Estados Unidos, España, Egipto e Italia. El tomate en México es la principal hortaliza que se cultiva y exporta, los países que ocupan los tres primeros lugares como exportadores de son: Holanda, México y España. (SAGARPA, 2010).

En nuestro país se prefiere el consumo de tomate en fresco el cual es utilizado como principal ingrediente para la elaboración de pastas, salsas, purés y jugos (SAGARPA, 2010).

En México el tomate se produce principalmente en los estados de Sinaloa, Baja California, Michoacán y San Luis Potosí, siendo la zona del noroeste la de mayor producción, tal producción es de importancia económica por ser fuente de empleo y generación de divisas para los agricultores (SAGARPA, 2010).

En la producción del cultivo de tomate los principales problemas que lo afectan son las plagas y enfermedades, para que estas enfermedades puedan desarrollarse necesitan la presencia de un hospedante, un agente patogénico y el ambiente adecuado cuya interacción de ellos produce daños a la fisiología de las plantas, afectando el rendimiento y calidad del producto (Gómez *et al.*, 2011). Las enfermedades (estrés biótico) en las plantas son causadas por seres vivos como hongos, bacterias y virus (Montoliu, 2010).

Una de esas enfermedades, es la marchitez vascular producida por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, la cual es la principal enfermedad fúngica que afecta al cultivo, provoca la disminución de un 60 % del rendimiento y calidad del producto (Agrios, 2004). Esta enfermedad se ha encontrado en gran número de países alrededor del mundo pero en México el primer reporte que se realizó fue en 1996 encontrándose en el estado de Sinaloa (Valenzuela *et al.*, 1996). Se han

reconocido tres razas del patógeno las cuales se distinguen por su virulencia en cultivares de tomate. Actualmente se tienen pocas variedades con genes resistentes a estas razas (Cai *et al.*, 2003).

Otra enfermedad del tomate es el cáncer bacteriano o chancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) es una enfermedad devastadora que afecta gravemente al cultivo de tomate, puede causar pérdidas del 100 % de la producción. La enfermedad es especialmente severa en el trasplante o en siembras directas (Bautista y Alvarado, 2006). En México se ha presentado en estados como Sinaloa, Michoacán, Guanajuato y el Estado de México (Bautista y Alvarado, 2006).

Un método alternativo para la protección de las plantas es la inducción de resistencia, que puede lograrse con la aplicación de moléculas elicitoras en la planta la cual desarrolla resistencia al patógeno activando múltiples rutas de resistencia (Beltrán, 2014).

El selenio, es un elemento químico que en sus formas oxidadas (Se^{4+}) y (Se^{6+}) es absorbido por las plantas (Broadley, 2006). Se le considera que tiene relación con la actividad antioxidante destacando su función como elemento esencial en la actividad glutatión peroxidasa (enzima que activa la defensa de las plantas). Diferentes autores mencionan la relación entre Selenio, el metabolismo antioxidante y el estrés en plantas (Cartes, 2005; Hasanuzzama *et al.*, 2010).

Este estudio está encaminado a determinar la inducción de resistencia en cuanto a la severidad de los síntomas causados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* que se producen en plantas de tomate con la aplicación de selenito de sodio vía foliar.

1.1. Objetivo General

Evaluar el desarrollo de la enfermedad en plantas de tomate en diferentes etapas fenológicas tratadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

1.2 Objetivos específicos

a) Evaluar las variables relacionadas a vigor y rendimiento en plantas de tomate en diferentes etapas fenológicas tratadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

b) Evaluar la incidencia y severidad de síntomas en plantas de tomate tratadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

1.3. Hipótesis

Adicionar selenito de sodio ayudara a un mejor desarrollo de las plantas promoviendo la resistencia de estrés biótico inducido por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. Generalidades del cultivo de tomate

2.1 Origen

El tomate (*Lycopersicon esculentum* L) pertenece a la familia de las Solanáceas, el cual se cree tiene su origen en la franja costera del oeste de Sudamérica, donde se encontró especies nativas silvestres en Ecuador, Perú y las Islas Galápagos, siendo domesticada por primera vez en México. Las semillas de esta planta fueron después llevadas a Europa a mediados del siglo 16. El nombre del tomate proviene del tomatl, en la lengua náhuatl de México (Jones, 2007).

2.2 Importancia económica y distribución geográfica

El tomate es la hortaliza mayormente cultivada en el mundo, siendo su distribución principalmente en China, Turquía, India, Estados Unidos, Egipto y España, aumentando la demanda del cultivo, producción y comercio (SAGARPA, 2010). Dicha hortaliza colocó a México en el décimo lugar en la producción mundial de tomate (Macua *et al.*, 2012). Produciendo principalmente variedades de tomate como el tomate rojo Saladette, tomate bola, tomate cherry, tomate uva y tomate verde (SAGARPA, 2010). México también ocupa el primer lugar de exportación de tomate con dos millones de toneladas y un ingreso mensual de doce mil millones de pesos anuales (Cazares, 2010). En la actualidad se ha sembrado alrededor de 52, 374.91 hectáreas de tomate con rendimientos de 56.42 ton/ha (SIAP, 2014).

2.3 Descripción botánica y morfología

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, esta puede cultivarse de forma rastrera o erecta, sus hábitos de crecimiento son del tipo determinado e indeterminado (Jaramillo, 2007).

2.3.1 Raíz

La planta de tomate presenta un sistema radicular del cual se deriva una raíz principal de las que surgen raíces secundarias o adventicias (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.3.2 Tallo

El tallo consta de un grosor de 2-4 cm en su base, en el cual se desarrollan hojas, tallos secundarios y en la parte superior se forma el meristemos apical que da formación a los primordios foliares o inflorescencias (Toledo, 2003).

2.3.3 Hojas

Son hojas sencillas, pecioladas con foliolos lobulados, ovales y acuminados, de un color verde intenso en el haz y verde claro en el envés, estas surgen de modo alterno en el tallo, de las cuales normalmente aparecen tres hojas (Muñoz y Castellanos, 2003).

2.3.4 Flor

Estas son flores pequeñas, pedunculadas de color amarillo que forman corimbos axilares, su cáliz tiene 5 pétalos con una corola soldada en la parte inferior (Muñoz y Castellanos, 2003).

2.3.5 Fruto

El fruto de tomate son bayas carnosas de formas lisas, asurcadas, aperadas, de colores rojo a amarillo, en donde se desarrollan las semillas de forma aplanadas (Muñoz y Castellanos, 2003).

2.3.6 Semillas

Las semillas del tomate son de forma lenticular con dimensiones de 5x4x2 mm, estas están constituidas por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula (Muñoz y Castellanos, 2003).

2.4 Clasificación Taxonómica

El tomate es una planta dicotiledónea de la familia de las *Solanáceas*, que comprende a la papa, el tabaco y la petunia, así como la hierbamora, belladona y otras plantas venenosas (Foolad, 2007). En la taxonomía aceptada esta pertenece al **Reino:** *Plantae*, **Subreino:** *Traqueobinta*, **Superdivisión:** *Spermatophyta*, **Clase:** *Magnoliopsida*, **Subclase:** *Asteridae*, **Orden:** *Solanales*, **Suborden:** *Solanineae*, **Familia:** *Solanaceae*, **Género:** *Solanum*, **Especie:** *Lycopersicum*.

2.5 Plagas del Cultivo de Tomate

El cultivo de tomate se ve afectado por diferentes plagas de las cuales destacan la Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), Psílido (*Bactericera cockerelli*), Trips (*Frankliniella occidentalis*), Araña roja (*Tetranychus urticae*), Minador de la hoja (*Liriomyza sativae*) y Gusano soldado (*Spodoptera exigua*) (Bautista y Alvarado, 2006).

2.6 Enfermedades del Cultivo de Tomate

La presencia de enfermedades en el tomate es de importancia económica debido a que merman la producción y aumentan los gastos de inversión (Beltrán, 2014). Dentro de las principales enfermedades que afectan al cultivo se encuentran la enfermedad bacteriana Cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis*), la enfermedad causada por el hongo Fusarium (*Fusarium oxysporum*), la Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*), la Mancha negra del Tomate (*Pseudomonas syringae* pv *tomato*), Antracnosis (*Colletotrichum* sp.), Cáncer del tallo (*Alternaria* sp.), Cenicilla polvorienta (*Levellula taurica*, *Erysiphe orontii* y *Oidium lycopersicum*), Tizon Tardío (*Phytophthora infestans*), Tizon temprano (*Alternaria solani*) y enfermedades transmitidas por virus como; Virus del mosaico del Tabaco (TMV: Tobacco Mosaic Virus), Virus del mosaico del tomate (TOMV: Tomato Mosaic Virus), Virus del bronceado del Tomate (TSWV: Tomato Spotted Wilt Virus), Virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV: Tomato Yellow Leaf Curl Virus).

2.7 Marchitez Vascular del Tomate

La Marchitez vascular causada por el hongo (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) es una enfermedad con importancia debido a que ataca el sistema vascular del tomate, esta fue descrita por primera vez en Inglaterra en 1895, cuando el hongo entra en la planta el tejido vascular toma una coloración castaño oscuro, se ensancha la base de los tallos afectados y normalmente las plantas se marchitan y mueren (Koike *et al.*, 2007; Sikora, 2009; Zhang *et al.*, 2011). La diseminación del hongo se transmite en semillas de tomate y suelos contaminados y al dejar plantas afectadas en el campo estas representan la principal fuente de inóculo, ya que el patógeno esporula en las plantas enfermas y se puede diseminar por el agua y el viento afectando a plantas sanas, este también sobrevive y tiene presencia en residuos de cosecha (Hanlund y Kraft, 2001). Cabe mencionar que este hongo también penetra en la planta a través de heridas en la raíz, favoreciendo el desarrollo de la enfermedad en suelo y aire con temperaturas de 28° C, con una humedad óptima para el desarrollo vegetal (Momol *et al.*, 2008; Sikora, 2009; Zhang *et al.*, 2011).

2.8 Clasificación taxonómica y características morfológicas de la Marchitez vascular

El hongo *Fusarium oxysporum* pertenece al Reino: *Fungi*, Familia: *Hypocreaceae*, Orden: *Ascomycota*, Género: *Fusarium*, Clase: *Euscomycetes*, Especie: *oxysporum*.

F. oxysporum es un hongo que presenta 3 razas fisiológicas, mismas que difieren en su patogenicidad en diferentes cultivares de tomate. Este hongo se caracteriza por producir tres tipos de esporas asexuales, tales son las microcondias, macrocondias y clamidiosporas, las primeras cuentan con una o dos células y son más frecuentes, son las únicas que se pueden producir en el interior de los vasos vasculares de las plantas afectadas, las macrocondias tiene de tres a cinco células y comúnmente se forman en esporodoquios en la superficie de las plantas muertas, las clamidiosporas tienen una o dos células redondeadas de pared

gruesa y se producen en el micelio, estas estructuras son de supervivencia en el suelo (Beltrán, 2014).

2.8.1 Síntomas

Esta enfermedad se muestra primero con un amarillamiento de las hojas viejas, esta marchitez por lo general avanza gradualmente en todo el follaje, hasta que la planta muere, en la zona de la raíz los tallos se muestran con una coloración parda del sistema vascular, mientras que la medula del tallo permanece intacta (Koike *et al.*, 2007; Sikora, 2009; Zhang *et al.*, 2011).

2.8.2 Manejo de la enfermedad

Un manejo de la enfermedad es el control cultural, haciendo la eliminación de plantas enfermas con el fin de mantener una sanidad dentro y fuera del cultivo además de evitar inundaciones en el cultivo con fin de que el inoculo no se disperse, otro manejo es el realizar rotaciones del cultivo para así evitar pérdidas en el cultivo, cabe mencionar que este manejo no es efectivo pero si se ve disminuido el daño en el cultivo (Jones *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2011).

El uso de variedades resistentes a *F. oxysporum* es otro tipo de manejo de la enfermedad. En sandía se ha reportado que la incidencia de marchitez inducida por *F. oxysporum* disminuyó al utilizar inductores de resistencia y fungicidas químicos como azoxystrobin y fluazinam (Sanders y Langston, 2009; Everts y Zhou, 2009).

2.9 Clasificación taxonómica y características morfológicas del Cáncer bacteriano

La clasificación taxonómica de *Claviabacter michiganensis* se describe de la siguiente manera (Jansen, 2004) este pertenece al Reino: *Bacteria*, Clase: *Actinobacteriales*, Orden: *Actinomycetales*, Género: *Clavibacter*, Especie: *michiganensis*, Subespecie: *michiganensis*.

Sus células bacterianas se caracterizan por tener forma recta, ligeramente curvada, midiendo alrededor de 1.5-4 por 0.5-0.9 micrómetros. Es una bacteria Gram positiva, con crecimiento aeróbico (Agrios, 2005).

2.9.1 Ciclo de la enfermedad.

Esta bacteria se disemina principalmente por la semilla y dentro del cultivo se contagia a la planta al realizarse las labores culturales, la enfermedad se muestra en periodos de amarre de fruto y llenado, teniendo como principales síntomas la necrosis en los bordes de las hojas, que avanzan hasta quemar la planta. Cabe mencionar que cuando ya se tiene antecedente de la presencia de *Clavibacter* existe la posibilidad de que se presente en el siguiente ciclo de producción, debido a que esta sobrevive en los residuos de cosecha, pudiendo sobrevivir también en el suelo hasta por dos años (Ramírez y Sainz, 2006).

2.9.2 Síntomas

Los síntomas se observan en la base de las hojas donde se aprecia un color amarillo que conforme pasa el tiempo se torna café, mostrando quemaduras en el borde de la hoja, además, se observa cómo se enrollan las hojas hacia el envés y éstas permanecen unidas a la planta. En suelos contaminados con *Clavibacter*, la bacteria puede entrar a través de heridas en el tallo o la raíz que le permitan entrar al xilema, donde el marchitamiento se debe en gran medida al daño causado en los vasos del xilema y en consecuencia la síntesis de polisacáridos extracelulares y la destrucción de los mismos por la presencia de enzimas que los degradan como celulosa, pectin metil esterasa y xilanasa (García *et al.*, 2000).

2.9.3 Manejo de la enfermedad

Se tiene como manejo un control cultural que consiste en eliminar residuos de cosecha, desinfectar herramientas utilizadas en las labores culturales, y un tratamiento posterior a la semilla. En cuanto al control químico se pueden hacer aplicaciones preventivas de fungicidas y bactericidas con cobre o productos que sirvan como antibióticos (Ramírez y Sainz, 2006). Cabe mencionar que los productos cúpricos, tienen buen efecto bactericida pero no tienen la capacidad de penetrar a la planta para eliminar la bacteria, por eso mismo se recomiendan como

preventivos o como selladores de heridas cuando se realiza alguna actividad de poda, o debido al efecto de algún factor climático.

2.10 Inducción de resistencia en plantas

La aplicación de inductores de resistencia bióticos o abióticos en la superficie de la planta le permiten desarrollar resistencia al hospedante activando múltiples rutas de defensa (Beltrán, 2014).

La resistencia de patógenos o plagas puede ser activa y/o pasiva. La resistencia pasiva depende de las defensas expresadas de forma constitutiva en la planta, mientras que la resistencia activa depende de las defensas inducidas por la infección del patógeno o el ataque de la plaga, tal resistencia se puede describir en dos niveles: el primero siendo la defensa activa ante una raza o aislado de un patógeno incompatible, y en respuesta de una hipersensibilidad, el segundo, aquellas plantas que expresan resistencia a un amplio rango de patógenos compatibles, después de un tratamiento inductor inicial (Custers, 2007).

2.11 Inducción de resistencia sistémica adquirida (SAR)

Según menciona Walters *et al.* (2007), esta inducción se inicia en la planta cuando esta se ve afectada por un patógeno el cual induce una necrosis local así mismo puede ser inducida por varios factores de elicitores bióticos y/o abióticos, esta inducción se caracteriza la inducción de proteínas, la activación de rutas de señalización dependientes del AS (Ácido salicílico) y que su señal viaja sistemáticamente a sitios alejados del punto de la infección.

La señalización de AS es esencial en la inducción sistémica adquirida para la activación de la respuesta de defensa local, algunas interacciones gen por gen (Custers, 2007), también esta actúa como molécula de señalización de defensa a hongos, virus y bacterias fitopatogénicos (Vlot *et al.*, 2008).

El ácido jasmonico y el etileno, son requeridos simultáneamente para la resistencia en plantas en contra de patógenos específicos. Una muestra de ellos es el requerimiento de ambas hormonas para la expresión de genes de defensa en la planta, este también participa en la respuesta a heridas en la planta, por otro

lado el etileno es una hormona gaseosa que se sintetiza como consecuencia del ataque de patógenos en interacciones compatibles e incompatibles., ambas hormonas son requeridas para el desarrollo de esta forma de inducción ya que forman parte de la resistencia hacia insectos y hongos patogénicos (Custers, 2007).

2.12 Inducción de resistencia sistémica

Con bacterias no patógenas, como rizobacterias promotoras de crecimiento, es posible inducir la resistencia para la supresión de enfermedades, este tipo resistencia no depende de la señalización del AS. En otros trabajos se han utilizado bacterias como *Pseudomonas putidas* y *Serratia liquefaciens* que colonizan la raíz de jitomate y estimulan la respuesta de resistencia hacia *Alternaria alternata* por la producción de N-acil-Lactosa homiserina aunado el crecimiento de AS (Beltrán, 2014). Sin embargo en otras investigaciones se ha observado la actividad de bacterias como *Bacillus pumilis* INR-7 que resultaron ser efectivas en la activación de la inducción de resistencia sistémica en plantas de chile, protegiéndolas de la enfermedad de la mancha anular de la hoja y de la antracnosis, representando una nueva alternativa para el manejo de nematodos (Adam *et al.*, 2014).

2.13 El Selenio

El selenio (Se) es un elemento perteneciente a los metales, el cual se encuentra en la tabla periódica que también incluye al azufre y al telurio. El Se al igual que el S tiene variedad en sus estados de oxidación como seleniuro (Se^{-2}), selenio elemental (Se^0), selenito (Se^{4+}) y selenato (Se^{6+}), dentro de las cuales sus formas oxidadas Se^{4+} y Se^{6+} son absorbidas por las plantas debido a su solubilidad, siendo las otras insolubles, lo que hace difíciles en su absorción en las plantas (Broadley *et al.*, 2006).

El selenio se encuentra naturalmente en el ambiente y puede ser liberado desde procesos tanto naturales como inducidos por la actividad humana para de allí incorporarse al suelo y agua (Fordyce, 2005). Cuando el selenio se encuentra en

forma de selenato +6 parecer ser movilizado a las células vegetales a través de un proceso de transporte acoplado a las H⁺ ATP asas (Byrne *et al.*, 2010). La absorción de selenito +4 parece ocurrir por un mecanismo diferente a la del selenato, posiblemente a través de un transportador de fosfato (Zhao *et al.*, 2010).

En general se considera que el selenio se relaciona con el metabolismo antioxidante (Reyman, 2008) además de que se sabe que el selenito, sobre el selenato, induce más efectivamente esta actividad (Cartes *et al.*, 2005), cabe mencionar que diferentes autores mencionan la relación entre el selenio, el metabolismo antioxidante y la tolerancia al estrés en plantas (Cartes, 2005; Djanaguiraman *et al.*, 2005; Hasanuzzaman *et al.*, 2010).

Según Benavides *et al.* (2010), realizaron aportes de selenito de sodio a la solución nutritiva y en aplicación post-cosecha a frutos de tomate, en donde se utilizaron sustratos inertes, en lo cual concluyen que induce rápida toxicidad con aportes de 10 a 20 mg L⁻¹ como selenito de sodio en la solución nutritiva, mientras que los aportes de 10 mg L⁻¹ en suelo y turba canadiense aumenta el tamaño y calidad de los frutos.

2.14 Efectos del selenio en plantas

En plantas que se les ha aplicado selenio, este se trasloca rápidamente en la savia del xilema siendo predominante por el contrario las plantas tratadas con selenito, la mayor parte de este se queda en las raíces y se detecta poco en el xilema (Li *et al.*, 2008), sin embargo se menciona que el selenato entra en las células de la raíz activamente contra un gradiente de potencial electroquímico a través de los transportadores de sulfato en las membranas plasmáticas de las células de la raíz. Se tiene evidencia que sugiere que la absorción de selenito puede estar medida por transportadores de fosfato y que la captación selenato y selenito puede mejorarse con azufre y las plantas sometidas a fosforo (Li *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente trabajo se realizó en el invernadero de investigación ubicado en la Colonia Esperanza, Calle Principal, Km 6, Saltillo, Coahuila, México, siendo las coordenadas geográficas del área de estudio: 25°21'58.55 Latitud Norte, 101°1'47.35" Longitud Oeste a 1745 msnm.

3.2 Descripción del experimento

3.2.1 Material Vegetal

Se utilizaron semillas de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum*) con habito de crecimiento determinado variedad Río Grande las cuales puede ser cultivada de manera rastrera y envarada. Es una variedad de fruto rojo intenso con excelente firmeza y con paredes gruesas que le permiten tener una larga vida de anaquel.

3.2.2 Siembra

Las semillas fueron sembradas el 5 de abril del 2014 en charolas de poliestireno de 200 cavidades utilizando como sustrato peat moss y perlita en una proporción 70:30, las plántulas fueron trasplantadas el 23 de mayo del 2014, las cuales se trasplantaron en macetas de una capacidad de 10L utilizando como sustrato peat moss y perlita en la misma proporción. La nutrición del cultivo se realizó mediante la aplicación de la solución nutritiva universal Steiner (Steiner, 1984) la cual se fue adaptando según las etapas de desarrollo del cultivo, manteniendo el pH de la solución en 6.5 utilizando ácido sulfúrico.

3.3 Tratamientos

Se utilizaron los patógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* para someter a un estrés biótico en plantas de tomate con el uso del elicitor selenito de sodio en forma asperjada.

La fuente de selenio fue el selenito de sodio (marca Sigma-Aldrich), este compuesto fue disuelto en agua destilada en un matraz de 2 L del cual se preparó a una concentración de 10 mg/L para su aplicación en las plantas.

La aplicación de selenito de sodio se realizó 15 días después del trasplante vía foliar a una concentración de 10 mg/L, realizando aplicaciones los días 30 de los próximos meses hasta el término del experimento.

Cuadro. 1: Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	SIGLAS
1	Testigo absoluto	TA
2	Plantas con aplicación de selenio vía foliar	Se
3	Plantas infestadas con FOL	FOL
4	Plantas con la aplicación de selenio e inoculadas con FOL	Se + FOL
5	Plantas infestadas con CMM	CMM
6	Plantas con la aplicación de selenio e inoculadas con CMM	Se + CMM

3.4 Preparación del inóculo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

El hongo (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3) utilizado fue proporcionado por el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Este fue reactivado en agar papa dextrosa (PDA) y conservado para su uso posterior en líquido crio-conservador (glicerol al 10 % / leche descremada al 5 %) (Henaó *et al.*, 2006). Para el inóculo de las

plantas se llevó a cabo el crecimiento del hongo en caldo papa dextrosa el cual se incubó durante 5 días a 27°C con una agitación de 200 rpm (Benhamou *et al.*, 1998).

La inoculación para el caso de FOL fue mediante inmersión de raíces en una solución de esporas de 1×10^6 esporas/ml (Benhamou *et al.*, 1998).

3.5 Preparación del inóculo de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

La bacteria (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) utilizada fue proporcionada por el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se reactivó en agar levadura dextrosa y se conservó en un criocervador a base de glicerol al 20 %. Para preparar el inóculo se llevó a cabo el crecimiento de CMM en caldo levadura dextrosa, el cual se incubó durante 24 horas a 30° C con una agitación de 200 rpm (Baysal *et al.*, 2003).

La técnica de inoculación utilizada fue el corte de hoja e inoculación con la suspensión bacteriana (1×10^6 UFC/ml) y la aspersión directa a la hoja.

3.6 Prueba *in vivo*

Esta prueba se llevó a cabo con plantas de tomate variedad Río Grande en diferentes etapas fenológicas del cultivo siendo la primera fase la vegetativa-plántula de 5 a 6 hojas verdaderas, la segunda fase la: floración (aparición de botón floral); la tercera fase el: amarre de fruto y cuarta fase la: producción del fruto. La prueba se dividió en 6 tratamientos (antes mencionados). La unidad experimental fue de una planta por maceta. La aplicación de selenito de sodio (Na_2SeO_4) se realizó 15 días después del trasplante vía foliar a una concentración de 10 mg/L realizándose aplicaciones cada 30 días.

Cuatro días después de la primera aplicación del selenito de sodio, se inocularon las plantas de los tratamientos que incluyen los fitopatógenos, utilizando para el caso de FOL la técnica de inmersión de raíces en una solución de esporas de 1×10^6 esporas/ml (Benhamou *et al.*, 1998), y para el caso de CMM se realizó por

inoculación de hojas nuevas con una solución de 1×10^6 UFC/ml (Baysal *et al.*, 2003). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Durante el experimento se realizaron 4 muestreos de acuerdo a las cuatro etapas fenológicas ya mencionadas, para lo cual de cada tratamiento se muestrearon 4 plantas elegidas al azar a las cuales se les midieron variables agronómicas fueron las siguientes: número de hojas, altura de planta, longitud de raíz, número de frutos por racimo, número de frutos por planta, peso fresco por planta, y conductancia estomática. La determinación de parámetros de incidencia y severidad de la enfermedad producida por FOL, se midió utilizando la escala de (Diener, 2005) y para el caso de CMM utilizando la escala de severidad según (Baysal *et al.*, 2003), posteriormente ambas escalas fueron convertidas a porcentaje.

Escala de CMM

- 0, las hojas no muestran signos de marchitez;
- 1, marchitez marginal leve, 1-10 % de las hojas marchitas;
- 2, 11-25 % de las hojas marchitas
- 3, marchitamiento sectorizado, 26-49 % de las hojas muestran marchitez asociada con clorosis;
- 4, colapso de hojas pronunciado, 50-74 % de las hojas muestran marchitez;
- 5, todas las hojas marchitas.

Escala de FOL

- 0, planta muerta;
- 1, las hojas viejas muertas, las jóvenes crecimiento detenido;
- 2, las hojas viejas cloróticas, hojas jóvenes con crecimiento detenido;
- 3, hojas viejas tienen clorosis vascular, hojas jóvenes con crecimiento detenido;
- 4, los peciolo de las hojas con crecimiento detenido;
- 5, no hay síntomas visibles.

3.7 Diseño experimental

El experimento se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con 6 tratamientos y 20 repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico Minitab 16, utilizando la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad.

3.8 Variables evaluadas

3.8.1 Número de hojas

La medición de esta variable se realizó a los 16 días después de la inoculación de los fitopatógenos tomando 4 muestras de planta de tomate al azar de cada uno de los tratamientos, para lo cual se contabilizó las hojas verdaderas formadas por planta.

3.8.2 Altura de planta

La determinación de la altura se realizó a los 16 días después de la inoculación de los fitopatógenos midiendo 4 muestras de planta de tomate al azar de cada uno de los tratamientos midiendo desde la parte baja del tallo separando la raíz hacia arriba midiendo con una cinta métrica expresando los resultados en centímetros.

3.8.3 Longitud de raíz

La medición de esta variable se realizó a los 16 días después de la inoculación de los fitopatógenos midiendo 4 muestras de planta de tomate al azar de cada uno de los tratamientos eliminando el agua y sustrato de la raíz para después medir con una cinta métrica, expresando los resultados en centímetros.

3.8.4 Número de frutos por racimo

Para la medición de esta variable se tomaron 4 muestras de planta de tomate al azar de cada tratamiento a los cuales se les realizó un conteo del número de frutos por racimo en cada planta.

3.8.5 Número de frutos por planta

Para la medición de esta variable se tomaron 4 muestras de planta de tomate al azar de cada tratamiento a los cuales se les realizó un conteo del total de frutos de tomate por planta.

3.8.6 Peso fresco por planta

Para la medición de esta variable se tomaron 4 muestras de planta de tomate al azar de cada tratamiento para ello se utilizó una balanza analítica donde se pesaron los frutos que se obtuvieron por cada planta los resultados se expresaron en g y kg.

3.8.7 Conductancia estomática

Para la medición de esta variable se tomaron 4 muestras de planta de tomate al azar de cada tratamiento, esta se realizó a los 27 días después del trasplante, para ello se consideraron las condiciones climáticas el día de la medición, se utilizó un Porómetro (marca Decagon Devices Inc.) los resultados se expresaron en $\text{mmol}/(\text{m}^2\text{s})$.

3.8.8 Incidencia

La incidencia es el porcentaje de plantas enfermas dentro de una unidad de muestreo, es una medida cuantitativa, rápida y sencilla que es generalmente más precisa y reproducible que otras mediciones cuantitativas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de hojas

Los resultados obtenidos para la variable número de hojas de plantas de tomate (Figura 1), no muestran una diferencia significativa entre tratamientos de las cuatro etapas fenológicas estudiadas. Sin embargo podemos mencionar que en la etapa de plántula es donde mayor número de hojas se acumula en todos los tratamientos. Esto debido a que a partir de la etapa de floración se realizaron labores de corte de chupones y se llevó la planta a un solo tallo.

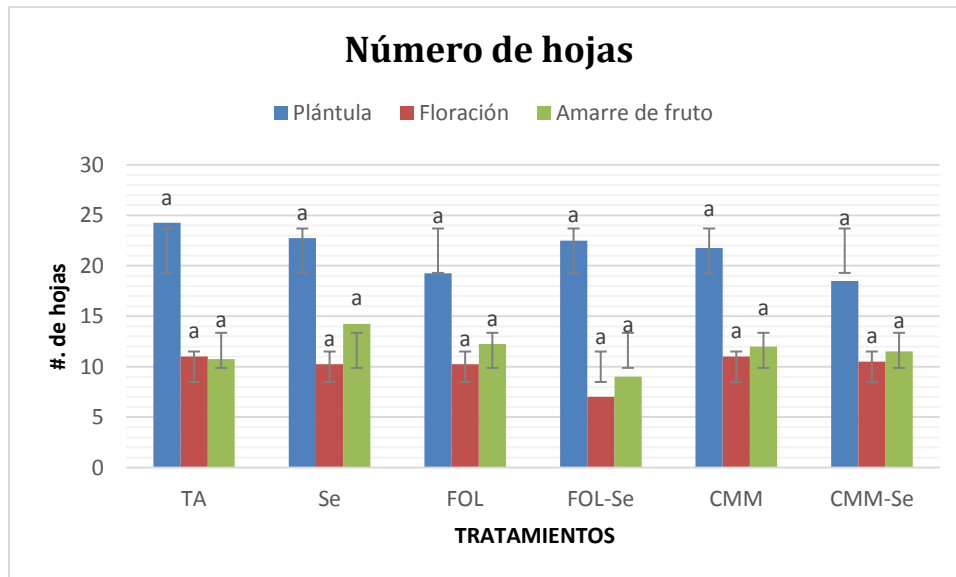


Figura 1. Comportamiento de la variable número de hojas en distintas etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

De acuerdo a los resultados obtenidos, estos difieren con los encontrados por Cartes (2005), quien menciona que el selenio puede aumentar el crecimiento y número de hojas en las plantas. En otros estudios hechos en Lechuga se ha reportado que al aplicar selenio vía foliar, se tiene una tolerancia al estrés, que repercute en que la planta siga su crecimiento y desarrollo.

4.2 Altura de planta

Los resultados obtenidos para la variable altura de planta en plantas de tomate (Figura 2), muestran una diferencia significativa entre los tratamientos en la etapa de producción (fruto), siendo el tratamiento TA superior en un 30 % respecto al tratamiento CMM, el cual fue el de menor valor. Los demás tratamientos fueron estadísticamente iguales.

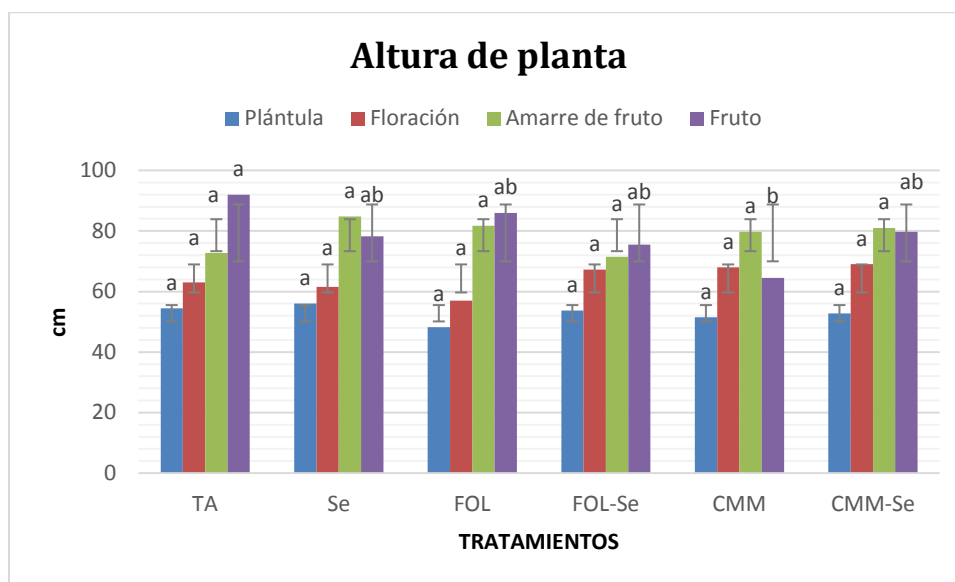


Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta en distintas etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

En relación a los resultados obtenidos por Villanueva *et al.* (2009), encontraron que la aplicación de ácido salicílico en concentración de 10^{-8} y 10^{-6} M asperjado al follaje, tuvieron efecto positivo al incrementar la altura de planta en crisantemos, en el presente estudio no pudimos observar una tendencia de este efecto. Mas sin embargo cuando se induce el sistema de defensa de la planta hay un costo energético que algunas veces se observa en la disminución de biomasa en plantas tratadas con elicitores a diferencia de plantas sin tratamiento (González *et al.*, 2015).

4.3 Longitud de raíz

Los resultados obtenidos para la variable longitud de raíz en plantas de tomate (Figura 3), muestran que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes etapas fenológicas. Sin embargo se observó que en las etapas de amarre de fruto y producción de fruto es donde mayor longitud de raíz se presenta.

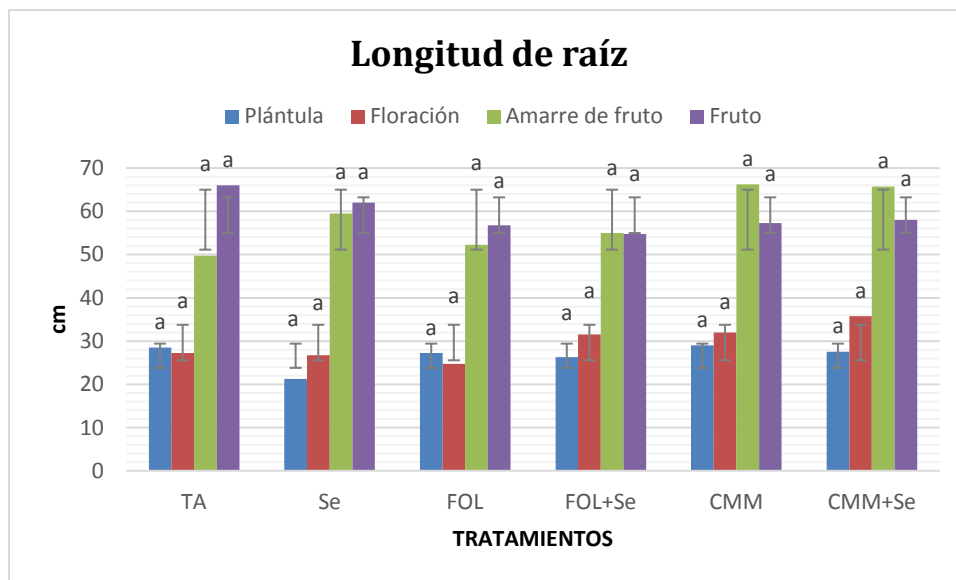


Figura 3 Comportamiento de la variable longitud de raíz en distintas etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

Los resultados obtenidos difieren con lo reportado por Rodríguez *et al.*, (2008) quien reporta que al aplicar ácido salicílico en plantas de tomate, se incrementa la longitud de raíz en un 16 % comparado con el testigo. Tales resultados también difieren con lo reportado por Sari y Etebariam (2006), los cuales indican que al tratar plántulas de trigo inoculadas con *Gaeumannomyces graminis* var. *Tritici* con ácido salicílico a concentraciones de 0.1 y 0.2 mmol ejerce efecto positivo al incrementar la longitud de raíz. También González *et al.*, (2015) reportaron un aumento del 84 % en la longitud de raíz en plantas de tomate asperjadas con extracto de *H. longipes* (alcamidas) respecto a las no asperjadas.

Lo encontrado en este estudio pudiera indicar que el selenio no tiene la función alternativa de fitoregulador como la tienen otros elicitores (ácido salicílico y alcanidas).

4.4 Número de frutos por racimo

Los resultados obtenidos para la variable número de frutos por racimo en plantas de tomate (Figura 4), muestran diferencia significativa entre tratamientos, siendo los tratamientos con mayor número de frutos CMM + Se, el cual fue 33 % mayor que el tratamiento FOL, que fue el más bajo y 23 % mayor el testigo absoluto.

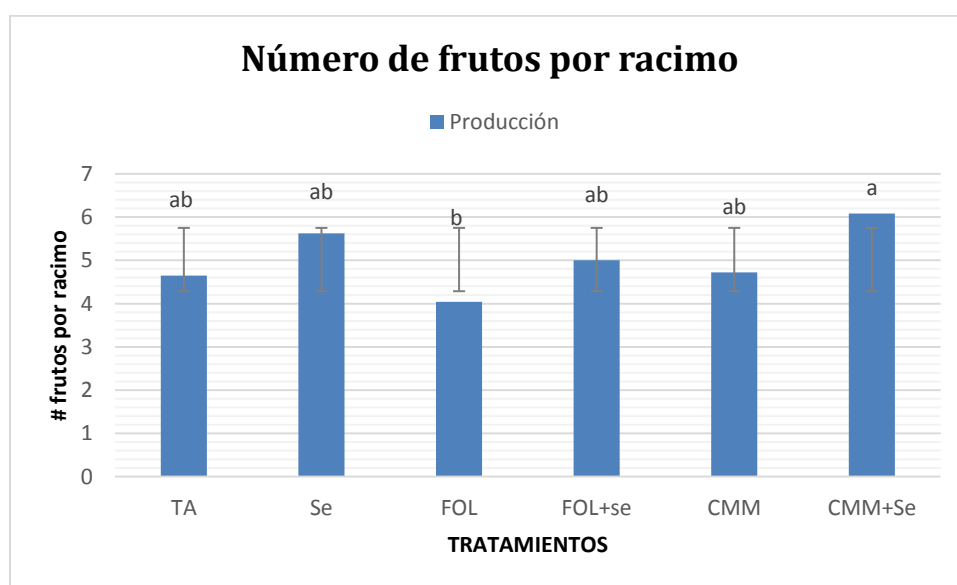


Figura 4 Comportamiento de la variable número de frutos por racimo en la etapa fenológica producción de fruto en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

Los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por (Rivera, 2005) quien al aplicar ácido benzoico en plantas de papa, incrementa el número de tubérculos. De igual manera Mundo, (2004) quien encontró que al aplicar ácido salicílico de forma foliar en plantas de papa causa un efecto positivo al incrementar el número de tubérculos.

4.5 Número de frutos por planta

Los resultados obtenidos para la variable número de frutos por planta en plantas de tomate (Figura 5), muestran que no hubo diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo hay diferente número de frutos por planta entre los tratamientos.

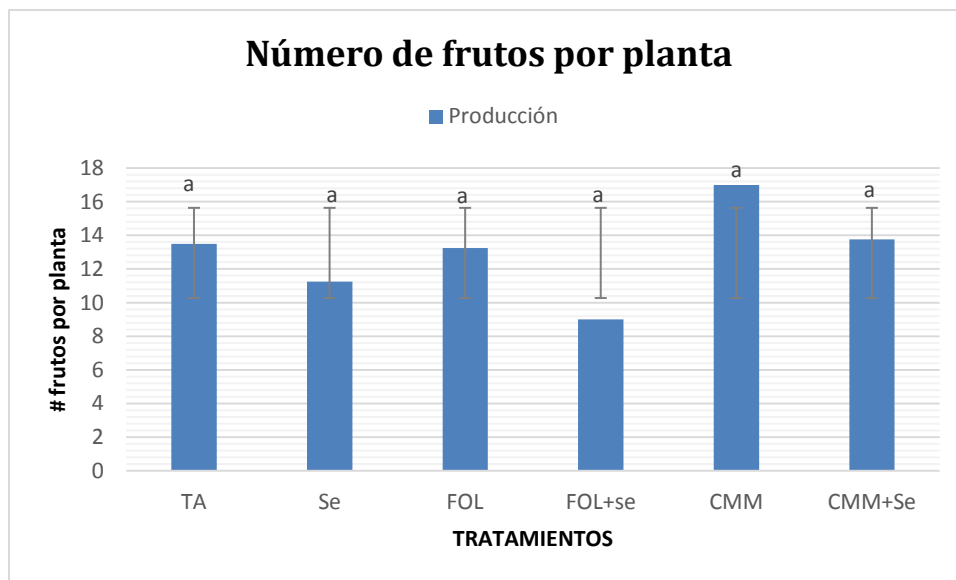


Figura 5. Comportamiento de la variable número de frutos por planta en la etapa fenológica producción de fruto en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

Estos resultados difieren con los reportados por Tambascio *et al.*, (2008) ya que encontraron que la aplicación de fosfitos de potasio en plantas de papa en forma foliar tuvieron efecto positivo al incrementar el rendimiento. También difieren con lo mencionado por Burgos, (2005) que al aplicar ácido benzoico a plantas de tomate en suelo calcáreo, tiene efecto positivo al incrementar el rendimiento.

4.6 Peso fresco por planta

Los resultados obtenidos para la variable peso fresco por planta en plantas de tomate (Figura 6) muestran que hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Siendo el Testigo absoluto 67% mayor que el tratamiento FOL + Se y CMM +Se, que fue el que tuvo el valor más bajo.

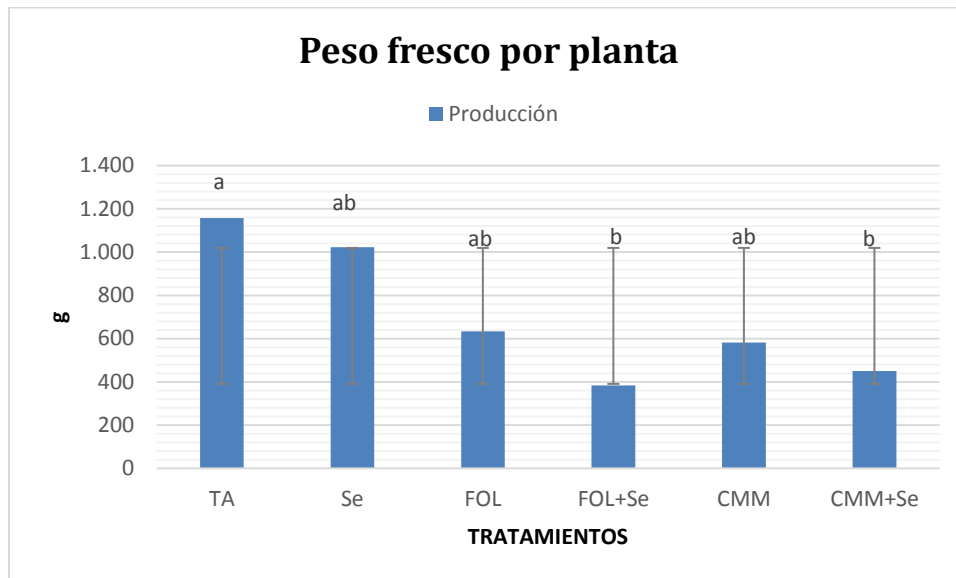


Figura 6 Comportamiento de la variable peso fresco por planta en la etapa fenológica producción de fruto en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P>0.05$, Minitab 16).

Los resultados obtenidos no coinciden con los reportados por Arroyo, (2006) quien encontró que al aplicar ácido benzoico en papa tiene un efecto positivo al incrementar el peso fresco de la planta. De igual manera Velázquez (2010) menciona que al aplicar silicio este puede incrementar el peso en plantas de tomate.

4.7 Conductancia estomática

Los resultados obtenidos para la variable conductancia estomática en plantas de tomate (Figura 7), muestran que hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Siendo la etapa de floración donde se presentó mayor conductancia estomática en los tratamientos inoculados, y en la etapa de amarre de fruto en los tratamientos sin inocular (TA y Se). En la etapa de floración el tratamiento CMM fue 46% mayor respecto al testigo absoluto. En la etapa de amarre de fruto el TA fue 57% mayor

al tratamiento FOL que fue el menor. Y en la etapa de producción el tratamiento Se fue 99% mayor al tratamiento FOL + Se.

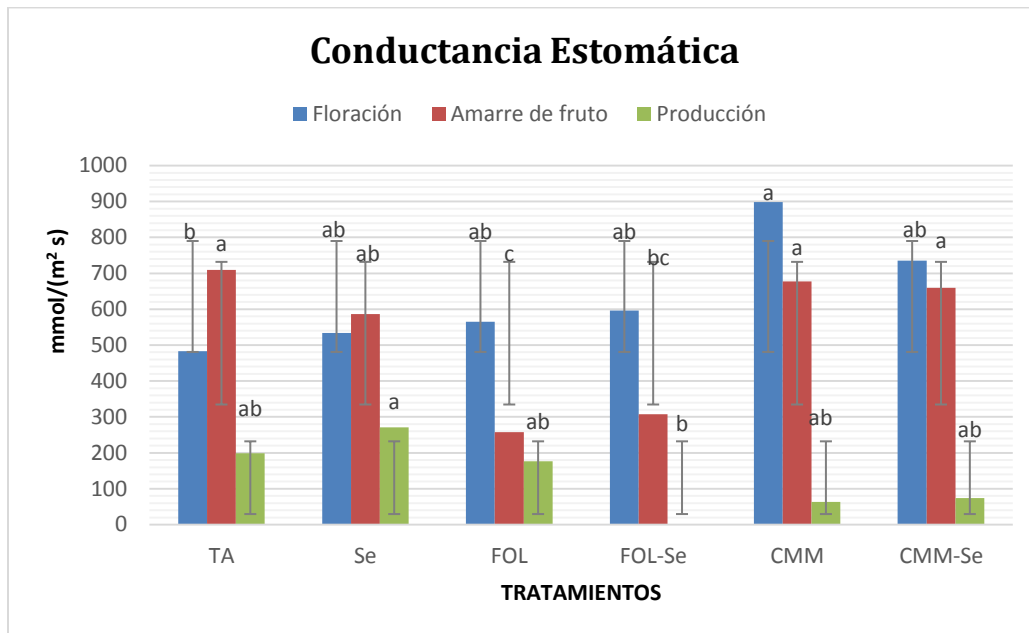


Figura 7. Comportamiento de la variable conductancia estomática en diferentes etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

Según Páez *et al.*, (2000) la velocidad de transpiración y conductancia estomática puede ser mayor en plantas de tomate en ambientes controlados que en su crecimiento y desarrollo se mantuvieron en un ambiente con luz solar directa, sombreado y altas temperaturas, mismas que permiten que la conductancia estomática sea mayor, influyendo en la inhibición de la fase reproductiva.

4.8 Incidencia y severidad

Los resultados obtenidos en la variable de incidencia y severidad de las plantas inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis* (Figura 8), con aplicación de selenito de sodio indican que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Pero si una diferencia numérica en cuanto a los tratamientos asperjados con selenio, en cuanto al

tratamiento FOL + Se hubo una disminución del 10 % en la severidad de los síntomas comparados al tratamiento FOL, y en el tratamiento CMM + Se hubo una disminución del 25 % respecto al tratamiento CMM. En cuanto a incidencia, los cuatro tratamientos inoculados presentaron el 100 % de incidencia de la enfermedad.

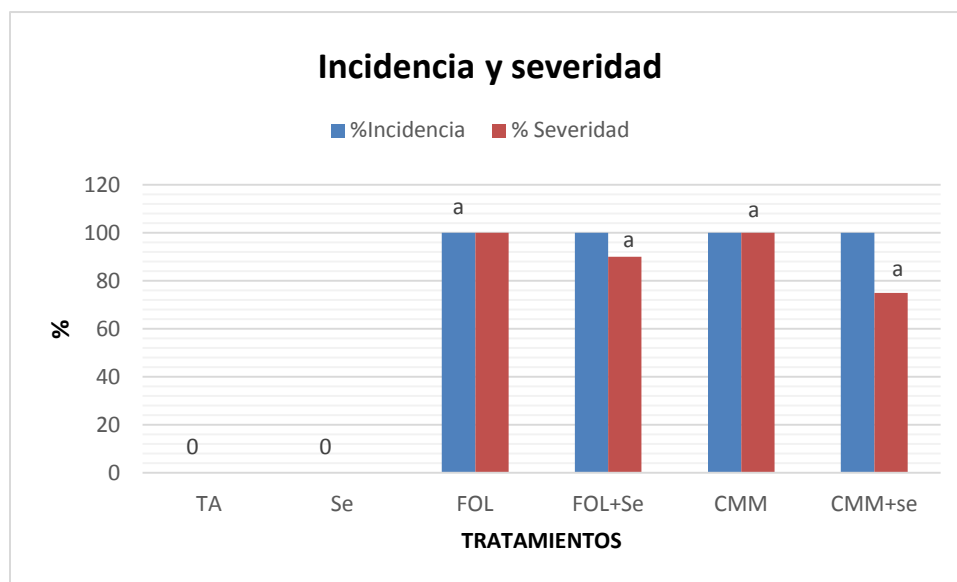


Figura 8. Comportamiento del porcentaje de la variable incidencia y severidad en diferentes etapas fenológicas en plantas de tomate asperjadas con selenio e inoculadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En cada figura, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (ANOVA, Tuckey $P > 0.05$, Minitab 16).

Los resultados obtenidos pueden deberse a un comportamiento típico de las moléculas elicitoras, ya que en general, la inducción de resistencia no es un método único para el combate de enfermedades y plagas, sino que debe combinarse con otras prácticas de control como la resistencia genética, las prácticas culturales, el control biológico y el uso reducido de plaguicidas (Ramírez y Sainz, 2006). Según Torres, (2014) estos resultados pueden deberse por falta de tiempo de acción del selenito de sodio en las plantas de tomate.

V. CONCLUSIONES

La aplicación de selenito de sodio asperjada reduce sustancialmente la presencia de síntomas del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y la bacteria *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* ayudando a que tenga una tolerancia en las plantas de tomate.

Con la aplicación de selenito de sodio asperjado se aumentó el número de frutos por racimo en la etapa de producción.

Con la aplicación de selenito de sodio asperjada aumentó la conductancia estomática en plantas de tomate en las diferentes etapas fenológicas.

VI. LITERATURA CITADA

- Adam, M., Heuer, H., Halmann, J. 2014. Bacterial antagonists of fungal pathogens also control root-knot nematodes by induced systemic resistance of tomato plants. Plos one. 9 (2): e90402.
- Agrios, G. N. 2004. Plant Pathology. Fourth Ed. Academic Press. New York, USA. 635 p.
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5ª Edición. Academic Press. USA. 992P.
- Arroyo, M, M. 2006. Aplicación de Ácido benzoico y extracto de Gobernadora en tubérculos de semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Baysal Ö., Soyly E. M. and. Soyly S., 2003. Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* ssp. *Michiganensis* Plant Pathology 52: 747–753.
- Bautista M., N. y Alvarado. L. J.2006. Producción de Jitomate en Invernadero. Ed. Cromocolor. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 265 p.
- Benavides M, A., Bectivort A, A., Fuentes, L., L. O., Ramírez, H. Robledo T, V., & Rodríguez-M, M. de las N. 2010. Selenium accumulation of tomato and its effect on the plant growth, productivity and fruit (1), 1-15.

- Benhamou, N. and Belanger R., 1998. Benzothiadiazole-Mediated Induced Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in Tomato. *Plant Physiol.* 118: 1203–1212
- Beltrán, B., M. 2014. Inducción de resistencia en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a *Candidatus Liberibacter solanacearum*, mediante la aplicación de Alcamidas. Tesis profesional Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 78 p.
- Broadley M. R, White P. J, Bryson R. J, Meacham M. C, Bowen H. C, Johnson S. E, Hawksford M. J, Mc Grath S. P, Zhao F. J, Breward N, Harriman M, and Tucker M., 2006. Biofortification of UK food crops with selenium. *Proceedings of the Nutrition Society* 65: 169-181.
- Burgos, L.C. 2005. Efecto del ácido benzoico y del complejo de poliácido acrílico quitosán en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivado en suelo calcáreo. Tesis profesional de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Byrne, S.L., K. Durndean, Nag, I and S. Barth. 2010. Identification of ABC transporters from *Lolium perenne* L. that are regulated by toxic levels of selenium. *Planta.* 231: 901-911.
- Cai, G, Gale, I.R., Scheider, R.W., Kistler, H.C., Davis, R.M., Elias, K.S., and Miyao, E.M. 2003. Origin of race 3 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* at a single site in California. *Phytopathology.* 93: 1014-1022.
- Cartes, P., Gianfera, L. and Mora, M.L. 2005. Uptake of selenium and its antioxidative activity in ryegrass when applied a selenite and selenite forms. *Plant soil.* 276: 359-367.

- Cazares, C. 2010. Consejo nacional del sistema productivo de tomate. Primer foro de agronegocios. Centro de estudios de negocios y estratégicos del IF. 190.
- Custers, J.H.V.2007. General introduction: Plant defense mechanisms and the use of the hypersensitive response to engineer broad-spectrum disease resistance. *Engineering resistance in plants*. 7-49.
- Diener , C.A. and Ausubel Frederick M., 2005. Resistance To *Fusarium Oxysporum* 1, a Dominant Arabidopsis Disease-Resistance Gene, Is Not Race Specific. *Genetics* 171: 305–321
- Everts, K.L and Zhou, X.G. 2009. Field evaluation of fungicides for control of *Fusarium* wilt of watermelon in Delaware. *Disease Management Reports*. 3VO97
- Foolad, M.R. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of plant Genomics*. USA. P 52.
- Fordyce, F. 2005. Selenium deficiency and toxicity in the environment. In O selinus, O,B. Alloway, J, Centeno, R, Finkelman, R Fuge, U. Lindh and P. S. medley (Eds). *Essentials of medical geology*, Elsevier. Amsterdam, Netherlands. Pp 373-415.
- García, S.R., Carrillo, A.J., Allende, M.R., Márquez, Z.I y Cruz, O. J.2000. Síntomas e identificación de bacterias en plantas de tomate cultivadas con alta tecnología en Sinaloa. Resúmenes del XXVII Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. L-32.
- Gómez J., R.; Hernández F., L. M.; Cossio V., L. E.; López A., J. G. y Sánchez L., R. 2011. Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el

estado de Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 19, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

González. M, S., L.J. Ríos, González, R. Castillo Godina, Benavides Mendoza, A. 2015. Tolerance response to *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato plants with selenium. *Acta Horticulturae* (ISHS) 1069: 203-209.

González, M, S., Benavides M, A. García E, E. L., Rodríguez C, E. y Flores O, A. 2015. Efecto de las alcalmidas como inductores de tolerancia al estrés biótico en tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub. Esp. Núm. 12.* 2371-2382.

Hanlund, W.A., Kraft, J. M. 2001. Fusarium wilts, Kraft, J.M., Pflieger, F.L (ed). *Compendium of Pea Diseases and Pests. The American Phytopathological Society Press. St. Paul. Minnesota. USA. 14-16-84 pp.*

Henao I., Franco, C M. and Marin G., 2006. Evaluación de métodos de conservación para *Aspergillus niger* con actividad enzimática amilolítica. 11 (2): 51-60.

Janse, J.D. 2004. Fatty acid analysis in the identification, taxonomy and ecology of (plant pathogenic) bacteria. In: Kowalchuk, GA, De Bruijn, F.S, Head, M, Akkermans, A.D, Van Elsas, A.D. Eds. *Molecular Microbial Ecology Manual.* 2 ed. New York. USA. Springer Publishing. 973-982.

Jaramillo, J., Rodríguez, V.P., Guzmán, M., Zapata, M., Remigio, T. 2007. *Manual Técnico, buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas.* México.

- Jones, J.B., Stall, R.E., Zitter, T.A. 2001. Plagas y Enfermedades del tomate. Ediciones Mundi prensa. 74p.
- Koike, S.T., Gladders, P., and Paulus, A.O. 2007. Vegetables Diseases. A color handbook. Academic Press, USA. 448 Pp.
- Li, H.F. McGrath, S.P., Zhao, f.j. 2008. Selenium uptake tranlocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. The New Phytologist. 178 (1):92-102.
- Macua, G., J.I., Lahoz, G., Calvillo, I., Ruiz, S y Bozal, Y., J.M. 2012. Variedades de Tomate para la Industria. Navarra Agraria. Edición 2013.
- Mathias, M. 2014. Valor actual y proyectado de tomates hidropónicos. Rev. Hortalizas .
- Momol, T., Pingsheng, J., Pernezy, K., McGovern, R., and Olson, S. 2008. Three soliborne tomato diseases caused by Ralstonia and Fusarium species and their field diagnostics. Publication pp52. Florida Cooperative Extension Servie. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Montoliu, V.A. 2010.Respuestas Fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos Castellón de la plata. Tesis Doctoral.
- Mundo, C.S. 2004. Efecto de la aplicación foliar de ácido salicílico y Benzoico en la producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Muñoz, R., J J .2003. La producción de hortalizas bajo invernadero en México. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. J Z Castellanos, J J Muñoz R (eds). INTAGRI. México. pp: 14-16.
- Páez, A, Paz, V. y López, J.C. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio y el efecto de sombreado. Rev. Facultad Agronomía. 17: 173-184.
- Ramírez, V.J., Sainz, R.R.A. 2006. Manejo integrado de las enfermedades del tomate. 1ª Edición. Once Ríos Editores. Culiacán, Sinaloa, México. 360p.
- Reyman, M.P. 2008. Food-chain selenium and human health: emphasis on intake. Britanic Journal Nutrition. 100: 254-268.
- Rivera, F.C. 2005. Evaluación del efecto del Ácido salicílico y Benzoico sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum L.*) va. Gigant. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rodríguez, R., Tavares, R y Medina. 2001. Cultivo moderno de tomate. Segunda edición. Mundi prensa. Madrid. España. Pp. 255.
- Rodríguez, L, L. Matos, L. Santos, P. Infante, S.2008. Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*), var. Vyta provenientes de semillas tratadas con ácido salicílico. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Granma. Cuba.
- SAGARPA.2010. Monografías de Cultivos: Jitomate. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. México. 10 p.

- Sanders, H. and Langston, D.B. 2009. Evaluation fungicide drench treatments for the control of Fusarium wilt of watermelon in Georgia. Plant Disease Management Reports. 3 V155. Online publication.
- Sari, E. Etebarian, H, R. 2006. Concentration dependent effect of salicylic acid application on wheatseedling resistance to take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis* var. Tritici. Phytoparasitica 37: 67-69.
- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola cultivo de tomate. México.
- Sikora, E.J.2009. Wilt Diseases of Tomatoes. Alabama Cooperative Extension System. Alabama A&M University and Auburn University.
- Tambascio, C, D, De Lasa, G.A.A., Andreu, A. B. Caldiz, D.O. 2008. Efecto del fosfito de potasio sobre la intercepción de radiación y la clorofila en el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum*) por aplicación a la semilla y/o al follaje. Laboratorio Fisiología Vegetal. Unidad Integrada. Balcarce Argentina.
- Torres, V.V M. 2014. Respuesta de tolerancia a estrés biótico en plantas de tomate con el uso de selenio. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Valenzuela U, J. G., Lawn, D. A., Heisey, R.F and Zamudio G, V. 1996. First report of Fusarium wilt race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* of tomato in Mexico. Plant Disease. Pp 80-105
- Velázquez, M, N,S. 2010. Análisis de la fertilización a base de silicio en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en condiciones de invernadero y

cultivo sin suelo. Tesis de licenciatura. Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Villanueva, C, E. Alcantar, G, G. Sánchez G,P. Soria, F, M. Parque, S A. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetil sulfóxido en la floración de (*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) *Kitamura*) en Yucatán. Departamento de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal.

Vlot, A.C., Dempsey, D.A., Klessing, D.F. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology* 47: 177-206.

Walters, D., Newton, A., Lyon, G.D. 2007. *Induced Resistance for Plant Defence, A Sustainable Approach to Crop Protection*. Blackwell Publishing. 1st. ed.

Zhang, S.,Roberts, P.D., McGowen, R.J. and Datnoff, L.E. 2011. Fusarium crown and root rot of tomato in Florida. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Flood and Agricultural Sciences. University of Florida. Pp 52.

Zhao, X.Q., N, Mitani, N. Yamaji, R.F., Shen, J.F. Ma. 2010. Involvement of silicon influx transporter OsNIP2; 1 in selenite uptake in rice. *Plant Physiol.* 153: 1871-1877.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas por efecto de la aplicación de selenito de sodio e inoculadas en la etapa de plántula.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	97	19.40	2.25	0.093
Error	18	155	8.61		
Total	23	252			

S=2.934

R-cuad.=38.49

R-cuad. (ajustado)= 21.41

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	24.250	1
A	22.750	2
A	22.500	4
A	21.750	5
A	19.250	3
A	18.500	6

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 2. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas por efecto de la aplicación de selenito de sodio e inoculadas en la etapa de floración.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	45.50	9.10	1.60	0.211
Error	18	102.50	5.69		
Total	23	148.00			

S= 2.386 R-cuad.= 30.748 R-cuad. (ajustado)= 11.51

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	11.00	1
A	11.00	5
A	10.500	6
A	10.250	2
A	10.250	3
A	7.000	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 3. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de hojas por efecto de la aplicación de selenito de sodio e inoculadas en la etapa de amarre de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	60.4	12.1	1.03	0.430
Error	18	211.3	11.7		
Total	23	271.6			

S= 3.426 R- cuad.= 22.23 R-cuad. (ajustado) = 0.62

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	14.250	2
A	12.250	3
A	12.000	5
A	11.500	6
A	10.750	1
A	9.000	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 4. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de plántula.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	145.7	29.1	2.11	0.111
Error	18	248.3	13.8		
Total	23	394.0			

S= 3.714

R-cuad. = 36.998

R-cuad. (ajustado)= 19.48

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	56.000	2
A	54.500	1
A	53.750	4
A	52.750	6
A	51.500	5
A	48.250	3

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 5. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de floración.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	429.2	85.8	1.56	0.220
Error	18	987.8	54.9		
Total	23	1417.0			

S= 7.408

R- cuad. = 30.29

R-cuad. (ajustado)= 10.93

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	69.000	6
A	68.000	5
A	67.250	4

A	63.000	1
A	61.500	2
A	57.000	3

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 6. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de amarre de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	558.	112	0.44	0.815
Error	18	4566	254		
Total	23	5124			

S= 15.93 R-cuad. = 10.89 R- cuad. (ajustado)= 0.00

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	84.75	2
A	81.75	3
A	81.00	6
A	79.75	5
A	72.75	1
A	71.50	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 7. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable altura de planta en la etapa de producción de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	1764	353	2.75	0.051
Error	18	2308	128		
Total	23	4071			

S= 11.32 R-cuad. = 43.32 R-cuad. (ajustado)= 27.58

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	92.00	1
AB	86.00	3
AB	79.75	6
AB	78.25	2
AB	75.50	4
B	64.50	5

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 8. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de plántula.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	157.4	31.5	2.26	0.092
Error	18	250.3	13.9		
Total	23	407.6			

S= 3.729

R- cuad. = 38.61

R-cuad.(ajustado)= 21.55

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	29.000	5
A	28.500	1
A	27.500	6
A	27.250	3
A	26.250	4
A	21.250	2

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 9. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de floración.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	337.3	67.5	1.46	0.252
Error	18	832.0	46.2		
Total	23	1169.3			

S= 6.799 R- cuad. = 28.85 R-cuad. (ajustado)= 9.08

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	35.750	6
A	32.000	5
A	31.500	4
A	27.250	1
A	26.750	2
A	24.750	3

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 10. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de amarre de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	961.8	192.4	2.55	0.065
Error	18	1360.0	75.6		
Total	23	2321.8			

S= 8.692 R- cuad. =41.43 R- cuad. (ajustado)= 25.15

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	66.250	5
A	65.750	6
A	59.500	2
A	55.000	4

A	52.250	3
A	49.750	1

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 11. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable longitud de raíz en la etapa de producción de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	340	68	0.53	0.749
Error	18	2302	128		
Total	23	2643			

S= 11.31 R-cuad. = 12.88 R-cuad. (ajustado)= 0.00

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	66.00	1
A	62.00	2
A	58.00	6
A	57.25	5
A	56.75	3
A	54.75	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 12. Análisis de varianza y comparación de medias para el número de frutos por racimo en la etapa de producción de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	10.725	2.145	2.75	0.051
Error	18	14.015	0.779		
Total	23	24.741			

S= 0.8824 R-cuad. = 43.35 R-cuad. (ajustado)= 27.61

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	6.0833	6
AB	5.6250	2
AB	5.0000	4
AB	4.7250	5
AB	4.6458	1
B	4.0417	3

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 13. Análisis de varianza y comparación de medias para el número de frutos por planta en la etapa de producción de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	143.7	28.7	1.66	0.195
Error	18	311.3	17.3		
Total	23	455.0			

S= 4.158 R-cuad. = 31.59 R-cuad. (ajustado)= 12.58

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	17.000	5
A	13.750	6
A	13.500	1
A	13.250	3
A	11.250	2
A	9.000	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 14. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable peso fresco por planta en la etapa de producción de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	1976860	395372	4.11	0.011

Error	18	1731125	96174		
Total	23	3707985			

S= 310.1 R-cuad. = 53.31 R-cuad. (ajustado)= 40.35

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	1157.5	1
AB	1022.5	2
AB	633.5	3
AB	581.3	5
B	450.0	6
B	383.8	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 15. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable conductancia estomática en la etapa de floración.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	477287	95457	3.36	0.026
Error	18	511380	28410		
Total	23	988667			

S= 168.6 R-cuad. = 48.28 R-cuad. (ajustado)= 33.91

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	898.5	5
AB	735.5	6
AB	596.8	4
AB	565.0	3
AB	533.8	2
B	482.7	1

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 16. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable conductancia estomática en la etapa de amarre de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	789051	157810	7.79	0.000
Error	18	364754	20264		
Total	23	1153805			

S= 142.4 R-cuad. = 68.39 R-cuad. (ajustado)= 59.61

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	709.1	1
A	677.3	5
A	659.8	6
AB	586.9	2
BC	307.6	4
C	258.0	3

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 17. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable conductancia estomática en la etapa de producción de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	205155	41031	3.97	0.013
Error	18	186057	10336		
Total	23	391211			

S= 101.7 R-cuad. = 52.44 R-cuad. (ajustado)= 39.23

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	271.1	2
AB	199.1	1
AB	176.3	3
AB	73.7	6
AB	63.7	5
B	0.0	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).

Apéndice 18. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable severidad en plantas de tomate.

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	5	46083	9217	35.30	0.000
Error	18	4700	261		
Total	23	50783			

S= 16.16 R-cuad. = 90.74 R-cuad. (ajustado)= 88.17

Agrupamiento de Tukey	Medias	Tratamientos
A	100.00	3
A	100.00	5
A	90.00	4
A	75.00	6
B	0.00	1
B	0.00	2

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey ($p \geq 0.05$).