



# **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA TESIS**

*Bacillus subtilis* y la fitohormona ácido salicílico, como control del tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

## **MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN DE RIESGOS**

**PRESENTA**

**MIGUEL ÁNGEL ESPINOSA VÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Eduardo Espinoza Medinilla

Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

**CODIRECTOR (A)**

Dra. Carolina Orantes García

Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

**ASESORES EXTERNOS**

Dr. Eduardo R. Garrido Ramírez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

M. en C. Milton Espinosa Ortega

Gerencia de operaciones, Palmeras Oleaginosas del Sur S. A. de C. V.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Septiembre de 2017

## **DEDICATORIAS**

- A mis padres David Espinosa y Oralia Vázquez, por darme la vida y motivarme a conseguir mis sueños.
  
- A mi esposa Kary por estar conmigo a pesar de mis ausencias.
  
- A mis hijos Diego y Pao por llenarme de dicha y felicidad, por ser ellos la razón de mi superación.

## AGRADECIMIENTOS

- A Dios y a San Judas Tadeo, como parte de mi creencia y fe, por darme la dicha de volver a gozar de buena salud.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para concluir la maestría.
- A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por los conocimientos adquiridos dentro de esta institución.
- Al Dr. Eduardo Espinoza por su confianza y apoyo en el proceso de investigación de la tesis.
- A la Dra. Carolina por sus consejos como parte de mi comité tutorial.
- Al Dr. Eduardo Garrido por apoyarme en el reconocimiento de los hongos (*Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*) en el cultivo de jitomate.
- Al Ingeniero Milton Espinosa, por brindarme su apoyo en el proceso de investigación de la tesis y al mismo tiempo su amistad.

## RESUMEN

En nuestro país la producción de jitomate en invernadero es un negocio rentable, competitivo y en expansión, debido a la gran demanda del consumo del jitomate que tiene el mercado mexicano, pues éste forma parte de la canasta básica del sistema alimentario. Además el consumo en restaurantes de estos productos ha incrementado debido a la demanda de los consumidores, que cada día piden comer sanamente, en consecuencia surge la necesidad de trabajar con sistemas intensivos de producción que sean amigables con el ambiente y de ésta manera disminuir los problemas a la salud y al ecosistema. El objetivo de esta investigación, fue evaluar a *Bacillus subtilis* y al ácido salicílico como inductores de resistencia contra el tizón temprano en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*). Se evaluaron nueve tratamientos en un diseño al azar con cuatro repeticiones, 20 plantas por repetición, teniendo un total de 720 plantas. Los tratamientos con *Bacillus* obtuvieron los mejores resultados sobre la variable grosor de tallo, *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (media de 1.12 cm) y *Bacillus subtilis* aplicado a la raíz (media de 1.06 cm). Y aunque sobre el daño ocasionado por *Alternaria solani*, hubo cierto porcentaje (media de 2.75 sobre la escala de daño basada en British Mycological Society) en el tratamiento *Bacillus* a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje, éste no mermó la producción. De acuerdo a la prueba de Tukey se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). La utilización de inductores de resistencia puede representar una alternativa de producción sustentable y un eficiente control frente a patógenos, orientados a reducir el uso de agroquímicos, evitando contaminación y reduciendo los costos de producción.

**Palabras clave;** Inductores de resistencia, problemas a la salud, tizón temprano, producción sustentable, agroquímicos.

## ABSTRACT

In our country the production of tomato in greenhouse, it is a profitable business, competitive and expanding, due to the great demand of the consumption of the tomato that has in the Mexican market, because it forms part of the basic basket of the alimentary system. Likewise, the consumption in restaurants of these products has increased due to the demand of the consumers that every day ask to eat healthily, consequently arises the need to work with intensive production systems that are environmentally friendly and this way reduce the problems to health and our ecosystem. The objective of this research was to evaluate to *Bacillus subtilis* and to salicylic acid as resistance inducers against early blight in the tomato crop (*Solanum lycopersicum*). Nine treatments were evaluated in a randomized design with four replications, 20 plants for replication, having a total of 720 plants, The treatment with *Bacillus subtilis* obtained the best results for the variables stem thickness, *Bacillus* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage (average 1.12 cm), and *Bacillus* applied to the root (average of 1.06 cm). And although for the damage caused by early blight, there was a certain percentage (average of 2.75 on the scale of harm based on British Mycological Society) in the treatment *Bacillus* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage this did not reduce the production. According to Tukey's test, a significant difference was found ( $p \leq 0.05$ ). The use of resistance inducers can represent one alternative of sustainable production and an efficient control against pathogens, oriented to reduce the use of agrochemicals, avoiding pollution and reducing production costs.

**Key words;** Resistance inducers, health problems, early blight, sustainable production, agrochemicals.

## ÍNDICE

Índice de cuadros.....	I
Índice de figuras.....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Control de bacterias.....	3
2.2 Control de virus y rendimiento en cultivo.....	3
2.3 Control de hongos.....	4
2.4 Rendimiento en cultivo.....	4
3. MARCO TEORICO.....	6
3.1 Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos.....	6
3.2 El jitomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> ).....	6
3.2.1 Origen.....	6
3.2.2 Taxonomía.....	7
3.2.3 Manejo del jitomate.....	8
3.2.3.1 Requerimientos de fertilización.....	9
3.2.3.2. Manejo del jitomate por etapa fenológica.....	9
A) Etapa de plántula.....	9
B) Etapa de desarrollo vegetativo.....	10
C) Riego pre-transplante.....	10
D) Etapa de floración.....	12
E) Etapa de fructificación.....	13
3.2.4. Agroecología del cultivo.....	14
3.2.4.1 Altitud.....	14
3.2.4.2 Suelo.....	14

3.2.4.3	Temperatura.....	14
3.2.4.4	Luz.....	14
3.2.4.5	Humedad relativa.....	15
3.2.5	Producción de jitomate.....	15
3.2.5.1	Producción de jitomate a nivel mundial.....	15
3.2.5.2	Producción de jitomate en México.....	15
3.2.5.3	Producción de jitomate en Chiapas.....	15
3.2.5.4	Producción de jitomate en la meseta comiteca.....	15
3.3	Enfermedades del jitomate.....	16
3.3.1.	Bacterias.....	16
3.3.2	Virus.....	18
3.3.3	Hongos.....	21
3.4.	Manejo integrado de enfermedades en jitomate.....	24
3.4.1	Manejo químico.....	24
3.4.2	Manejo por resistencia sistémica.....	24
3.4.2.1	<i>Bacillus subtilis</i> como inductor de resistencia sistémica inducida (RSI).....	24
3.4.2.2	Ácido salicílico como inductor de resistencia sistémica adquirida (RSA).....	26
4.	OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	28
4.1	Objetivo general.....	28
4.2	Objetivos específicos.....	28
4.3	Hipótesis.....	28
5.	ÁREA DE ESTUDIO.....	29
5.1	Típo de suelo en La Trinitaria.....	30
5.2	Clima.....	30
5.3	Hidrografía.....	30

5.3.1 Lagunas.....	30
5.3.2 Lagos.....	30
5.3.3 Arroyos.....	31
5.4 Uso del suelo y vegetación.....	31
5.5 Población.....	31
6. METODOLOGÍA.....	32
6.1 Transplante.....	32
6.2 Diseño Experimental y análisis estadístico.....	32
6.3 Costo y adquisición de productos.....	34
6.4 Colecta de muestras del tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ).....	35
6.5 Poda fitosanitaria.....	36
6.6 Variables a Evaluar.....	36
7. RESULTADOS.....	38
8. DISCUSIONES.....	48
9. CONCLUSIONES.....	52
10. RECOMENDACIONES.....	53
11. LITERATURA CITADA.....	54
12. ANEXOS.....	57
13. GLOSARIO.....	70

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Fertilizante para preparar 200 L de la solución en etapa plántula.....	9
Cuadro 2. Nutrición en la etapa de desarrollo vegetativo para 1000 L de agua.....	11
Cuadro 3. Nutrición en la etapa de floración para 1000 litros de agua.....	12
Cuadro 4. Nutrición en la etapa de fructificación para 1000 litros de agua.....	13
Cuadro 5. Tratamientos evaluados con dosificación y modo de aplicación.....	33
Cuadro 6. Productos químicos utilizados para el tratamiento de hongos en el suelo ( <i>Dampin off</i> ), hongos en el área foliar ( <i>Alternaria solani</i> y <i>Phytophthora infestans</i> ) y problemas de bacterias ( <i>Pseudomonas</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Agrobacterium</i> , <i>Erwinia Corynebacterium</i> y <i>Streptomyces</i> ).....	33
Cuadro 7. Costo de agroquímicos y de inductores de resistencia en el ciclo del jitomate por ha..	34
Cuadro 8. Escala de daño basada en British Mycological Society.....	37
Cuadro 9. Prueba de Tukey (0.05) para altura de la planta.....	38
Cuadro 10. Altura y desviación estándar sobre la variable altura de la planta.....	39
Cuadro 11. Prueba de Tukey (0.05) para grosor de tallo.....	40
Cuadro 12. Grosor de tallo y desviación estándar sobre la variable grosor de tallo.....	41
Cuadro 13. Prueba de Tukey (0.05) para frutos totales.....	42
Cuadro 14. Frutos totales y desviación estándar sobre la variable rendimiento.....	43

Cuadro 15. Prueba de Tukey (0.05) para daño por <i>Alternaria solani</i> en el cultivo de jitomate...	45
Cuadro 16. Evaluación de daño por <i>Alternaria solani</i> , basado en la Escala de daño de British Mycological Society y desviación estándar.....	45
Cuadro 17. Relación costo/beneficio sobre el tratamiento químico comparado con los inductores de resistencia en el ciclo del jitomate por ha.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Crecimiento de jitomate indeterminado bajo invernadero.....	8
Figura 2. Crecimiento de jitomate determinado a cielo abierto.....	8
Figura 3. Lesiones foliares en jitomate por <i>Alternaria solani</i> .....	23
Figura 4. Macro localización del área de estudio.....	29
Figura 5. Estacas marcadas con tinta indeleble para la fácil localización de los tratamientos.....	33
Figura 6. <i>Alternaria solani</i> en la hoja de jitomate a los 45 días después de transplante.....	35
Figura 7. <i>Alternaria solani</i> en el tallo jitomate a los 45 días después de transplante.....	35
Figura 8. Poda fitosanitaria aplicada a las plantas en tratamiento.....	36
Figura 9. Altura de la planta (cm) respecto a T (tratamiento), B.R (B. raíz), B.F (B.follaje), A.R (Ácido raíz), A.F (Ácido follaje), B.A.R (B.Ácido raíz), B.A.F (B.Ácido follaje), B.A.R.F (B.raíz y Ácido follaje), Q (Químico).....	38
Figura 10. Grosor de tallo (cm) respecto a T (tratamiento), B.R (B. raíz), B.F(B.follaje), A.R (Ácido raíz),A.F (Ácido follaje), B.A.R (B.Ácido raíz), B.A.F (B.Ácido follaje), B.A.R.F (B.raíz y Ácido follaje), Q (Químico).....	39

Figura 11. Frutos totales respecto a T (tratamiento), B.R (B. raíz),B.F (B.follaje), A.R (Ácido raíz),A.F (Ácido follaje), B.A.R (B.Ácido raíz), B.A.F (B.Ácido follaje), B.A.R.F (B.raíz y Ácido follaje), Q (Químico).....40

Figura 12. *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F).....41

Figura 13. Escala de daño para *Alternaria solani*, utilizando la escala de daño basada en British Mycological Society, respecto a T (tratamiento), B.R (B. raíz), B.F (B.follaje), A.R (Ácido raíz),A.F (Ácido follaje), B.A.R (B.Ácido raíz), B.A.F (B.Ácido follaje), B.A.R.F (B.raíz y Ácido follaje), Q (Químico).....42

## 1. INTRODUCCIÓN

En la agricultura mexicana la actividad hortícola es una de las más dinámicas y con mayor capacidad exportadora. De los principales productos hortícolas sobresale el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*), por ser uno de los de mayor área cultivada y producción global. Los tres principales Estados productores en orden de importancia son: Sinaloa (867,832.04 ton/año), San Luís Potosí (196,011.25 ton/año) y Michoacán (169,768.98 ton/año). Chiapas tiene una producción de 35,636.39 ton/año. Específicamente en la meseta comiteca se tiene una producción de 31,224.90 ton/año (10,320 ton/año para la Trinitaria) (SIAP, 2014).

La vulnerabilidad de los productores que se dedican a la producción de jitomate frente a los fenómenos sanitarios (plagas, epidemias) es una realidad, puesto que éstos dependen del sector primario. Entre los hongos que afectan al cultivo de jitomate se encuentran los siguientes: antracnosis causada por *Colletotrichum gloesporoides*, tizón tardío causada por *Phytophthora infestans* y el tizón temprano causado por *Alternaria solani* (Dodson *et al.*, 1997).

El tizón temprano (*Alternaria solani*) es una enfermedad que puede afectar tallos, frutos o el área foliar de la planta de jitomate. Típicamente primero aparecen como áreas necróticas irregulares de color café oscuro en las hojas más maduras. Estas lesiones se expanden a medida que la enfermedad avanza hasta que finalmente desarrollan anillos concéntricos que se asemejan a un tablero de tiro al blanco. Un área clorótica de color amarillo generalmente rodea las lesiones de las hojas y de existir gran cantidad de lesiones, la hoja se pone amarilla y pronto se seca. Las lesiones de los frutos casi siempre son en el extremo del cáliz son oscuras profundas y cuerosas con apariencia de un tablero para tiro al blanco (Dodson *et al.*, 1997).

Por otra parte la utilización de químicos en México ha provocado problemas tanto de salud pública, contaminación y de seguridad ambiental. En el periodo enero-diciembre del 2014, se registraron casos de muertes e intoxicaciones por agroquímicos, con productos agrícolas, siendo los estados con mayor número de casos reportados los provenientes de: Guerrero (116), Guanajuato (73), Chiapas (62), Jalisco (61) y el Estado de México (50), relacionados principalmente con el uso de químicos que contenían productos piretroides (26%), organofosforados (12%), carbamatos (13%), fosfóricos (12%), cumarínicos (4%), bupiridilos (5%), producto combinado (4%), mezcla de productos (4%), otros productos (12%), se desconoce (7) (SINTOX, 2014).

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación, tuvo como objetivo evaluar dos inductores de resistencia (*Bacillus subtilis* y ácido salicílico) al tizón temprano (*Alternaria solani*) para obtener un tratamiento viable para frenar el uso de agroquímicos que se utilizan para controlar al hongo fitopatógeno.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Control de bacterias

Estudios realizados en Montecillo, Texcoco, Estado de México, por Tlatilpa (2010), demostraron que *Bacillus subtilis* utilizado como inductor de resistencia sistémica inducida, controla la enfermedad conocida como cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*) en jitomate, al someterlo a diferentes tratamientos, teniendo mejores resultados los aplicados a la raíz a una concentración de 5 mL/L de agua, de la cepa 3 del cepario CINVESTAV, México, y la mezcla de la cepa 2 con la cepa 3 (5mL/L de agua + 5mL/L de agua, aplicado a la raíz), del mismo cepario, concluyendo que la resistencia sistémica inducida por rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (*Bacillus subtilis*) controlan la severidad del daño del fitopatógeno de la planta, al no mostrar efecto negativo en el crecimiento, ni mostrar síntomas severos de marchitez o daños en los frutos por enfermedad (0.0 ufc/mL de *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*).

### 2.2 Control de virus y rendimiento en cultivo

Maldonado *et al.* (2008), en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) ubicada en el municipio de Texcoco, Estado de México, hicieron aplicaciones de *Bacillus subtilis* (del producto comercial Biologic® a dosis de 5 mL/L de agua) al suelo y al follaje, y ácido acetil salicílico (1 g/L de agua) al follaje de plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) de la variedad zucchini grey de la empresa Caloro®, los resultados obtenidos mostraron un incremento significativo en el tamaño y peso de biomasa fresca de plantas de calabacita comparadas con el testigo ( 14.3 g sin producto), los mejores resultados fueron *B. subtilis*, aplicado al suelo (21.4 g) y ácido acetil salicílico aplicado al follaje (21.3 g), además de que la aplicación de *Bacillus subtilis* al suelo o al

follaje resultaron negativas a *Cucumber mosaic virus* (CMV, virus mosaico del pepino), en la prueba de DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich) que se utiliza para la identificación de virus fitopatógenos .

Así también, estudios sobre la participación del ácido salicílico (AS) realizados por Salgado (2012) en Montecillo, Texcoco, Estado de México, donde demostró que la aplicación de SA (dosis de 0.5 mM) fue el inductor más eficiente de la expresión de PRI (y por lo tanto de SAR) en comparación con peróxido de hidrógeno (3mM) y Kendal® (450mL/200mL), utilizados como inductores de resistencia al virus mosaico del nabo (*Turnip mosaic virus*, TuMV) en *Arabidopsis thaliana*.

### **2.3 Control de hongos**

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Saltillo, Coahuila, México, Hernández (2008), realizó aplicaciones de microencapsulados conteniendo cepas de *Bacillus subtilis* para el control de los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* sobre macetas de jitomate, siendo las mejores cepas las identificadas como *Bacillus subtilis* B1 y *Bacillus subtilis* J1 a dosis de 0.01 g por planta, al no presentarse incidencia ni severidad, comparada con el testigo químico (tiabendazol a la dosis recomendada comercialmente) que presentó una incidencia del 27% y del testigo absoluto ( sin fungicida) que presentó una incidencia del 75%.

### **2.4 Rendimiento en cultivo**

Investigaciones realizadas en Jiquilpan, Michoacán, México, por Gonzáles (2012), en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) de la variedad mexicana Jacona y la variedad extranjera Albion demostraron que, con la utilización de *Bacillus subtilis* de la cepa DN y MZA del cepario

CINVESTAV, México (a dosis de 15 mL por planta), se genera mayor rendimiento y producción en éste cultivo, obteniendo los mejores resultados los aplicados a la variedad Jacona con cualquier cepa de *Bacillus*, registrando un 22 % más área foliar que el control.

En el municipio de Chicxulub Pueblo, Yucatán, México, May (2005), realizó aplicaciones de ácido salicílico en el cultivo de chile habanero a diferentes concentraciones, logrando mejores resultados los asperjados a  $10^{-6}$  M (0.000001) y  $10^{-8}$  M (0.00000001) de AS, obteniendo mayor incremento en el diámetro del tallo aumentado en un 23 y 16% referente al testigo y respecto al rendimiento por planta, las mejores concentraciones fueron  $10^{-6}$  M (0.000001) obteniendo 2.05 kg y  $10^{-8}$  M (0.00000001) obteniendo 1.87 kg, los cuales fueron significativamente mayores respecto al testigo (1.67 kg).

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos**

Según Munasinghe (1993), el desarrollo sustentable gira bajo tres pilares las cuales involucran la sostenibilidad ambiental, económica y social. La primera apunta hacia la conservación de los sistemas de soporte de la vida como fuentes de recursos; la económica se refiere al mantenimiento del capital económico y finalmente la social definida como el desarrollo del capital social.

Por otro lado, la gestión de riesgos es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país, la cual implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sustentable (Chuquisengo, 2011).

Dentro de la agricultura y en especial frente a los riesgos sanitarios (plagas, epidemias), se busca un enfoque para el manejo de enfermedades orientado al beneficio del medio ambiente y elevación de la producción, lo que mejorará el ingreso económico de las personas del sector primario, a diferencia de lo que ocurre con el uso de plaguicidas de uso común, alcanzando el desarrollo sostenido bajo un sistema agrícola convencional, que puede incrementarse con el tiempo (Vallad y Goodman, 2004).

#### **3.2 El jitomate (*Solanum lycopersicum L.*)**

##### **3.2.1 Origen**

El jitomate es una planta perenne, perteneciente a la familia *Solanaceae* y su centro de origen se localiza en la región de los andes integrada por Colombia, Bolivia, Chile y Perú, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. La evidencia histórica favorece a México como el centro más importante de domesticación del jitomate, hecho ampliamente aceptado en el mundo científico, ya que la utilización de las formas domésticas en nuestro país es muy antigua. Sus frutos eran conocidos y empleados como alimento por las culturas indígenas que habitaban en centro y Sur de México, quienes la llamaban en lengua náhuatl “tomatl”. En 1554 fue llevado a Europa y desde ahí se comercializó a Estados Unidos a partir de 1835. Durante el siglo XVI se consumían en México jitomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, además de que en esa misma época ya se usaban como alimento en España e Italia. En otros países Europeos sólo se utilizaban en farmacias y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el jitomate a Oriente Medio y África y de allí a otros países asiáticos y de Europa a Estados Unidos y Canadá (Ramírez y Sáinz, 2006).

### **3.2.2 Taxonomía**

**Reino:** *Plantae*

**Subreino:** *Tracheobionta*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Subclase:** *Dicotyledoneae*

**Grupo:** *Asteridae*

**Orden:** *Solanales*

**Familia:** *Solanaceae*

**Género:** *Solanum*

**Especie:** *Solanum lycopersicum*

**Variedad:** *Solanum lycopersicum* var. *Lycopersicum*

**The PLANTS Database (Version 5.1.1), 2009.**

### 3.2.3 Manejo del jitomate

Esta hortaliza es una de las pocas que tiene dos tipos de crecimiento, determinado e indeterminado, el primer tipo es sembrado principalmente en sistemas a campo abierto donde las extensiones de siembra son grandes, algunos productores no le ponen soportes y lo dejan a ras de suelo, pero otros si optan por usar soportes para el tutoreo de las plantas (Figura 2). Los materiales de crecimiento indeterminado, son utilizados en sistemas bajo invernadero aunque algunas variedades también pueden sembrarse a campo abierto, donde las plantas se llevan a uno o dos tallos (Figura 1) (Nuez, 2001).



Figura 1. Crecimiento de jitomate indeterminado bajo invernadero.



Figura 2. Crecimiento de jitomate determinado a cielo abierto.

### 3.2.3.1 Requerimientos de fertilización

En el cultivo extensivo existe la idea de que la fertilización es uno de los factores de producción más importantes y que el volumen que se utiliza se relaciona directamente con la cantidad de la cosecha que se logra. Esto hace que sea muy usual la aplicación excesiva de fertilizantes minerales, lo que provoca, no sólo daños económicos, sino también daños importantes sobre el entorno donde se asiente el cultivo, trayendo como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, la acumulación de altos niveles de nitratos en los productos agrícolas que constituyen una importante fuente de fitotoxicidad para el hombre (Nuez, 1995 y Siviero *et al.*, 1996).

### 3.2.3.2. Manejo del jitomate por etapa fenológica

#### A) Etapa de plántula

El tiempo que transcurre entre la siembra y la emergencia de la radícula por medio de la cubierta de la semilla y el periodo de diferenciación del tallo y las hojas, se caracteriza por aumento rápido en la materia seca, la planta gasta su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis, termina en el momento en que la plántula esta lista para ser transplantada y proporcionarle ciertos fertilizantes, éste proceso dura aproximadamente 30 días (Cuadro 1) (Pérez y Hurtado, 2001).

Cuadro 1. Fertilizante para preparar 200 L de la solución en etapa plántula.

Elemento	Parámetros de la fórmula recomendada ppm	Fórmula tomada en base a los óptimos en ppm	Fuente de sales para elaborar la solución	Solución al 30% (g)	Solución al 50% (g)
N	100-150	145	Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	17.0	28.0

P	25-40	30	Nitrato de calcio $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ + 10 (H <sub>2</sub> O)	35	59
K	100-150	110	Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	298 mg	497 mg
Ca	100-150	110	Ácido bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	102 mg	171.0 mg
Mg	20-40	30	Sulfato de cobre (CuSO <sub>4</sub> -5(H <sub>2</sub> O))	11.7 mg	19.6 mg
S	50-150	60	Fosfatomonoamónico (11-48-0) NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	7.0 g	11 g
Fe	1-3	1.0	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	3 mL	6 mL
Mn	0.5-0.7	0.25	Mn EDTA librel 13%	0.104 mg	173 mg
B	0.3-0.6	0.3	Zn EDTA librel 14%	19.78 mg	33 mg
Cu	0.03-0.10	0.05	Sulfato de magnesio (sal epson) (MgSO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O)	18	30.0
Zn	0.03-0.10	0.05		PH= 5.5	CE=1.8 m/S

Fuente: Sánchez y Contreras (2000)

### **B) Etapa de desarrollo vegetativo**

Esta etapa comienza a partir de que la plántula ha sido transplantada en el lugar definitivo donde se va a desarrollar, permanece aproximadamente 50 días y termina poco antes de la floración, necesita de mayores cantidades de nutrientes para cubrir las necesidades de las hojas, ramas en crecimiento y expansión (Cuadro 2) (Pérez y Hurtado, 2001).

### **C) Riego pre-transplante**

Las plántulas deberán regarse dos horas antes del transplante, con la intención de que al momento de la extracción no sean perjudicadas las raíces, al momento del transplante el sustrato o la tierra en campo, deberán tener la humedad necesaria para que la planta no se deshidrate y se recupere

fácilmente, por lo cual es necesario aplicar riego un día antes del transplante a capacidad de campo, es decir, lograr una humedad sin drenar. Es recomendable la aplicación de algún enraizante para favorecer la recuperación y generación de nuevas raíces (Castellanos y Muñoz, 2004).

Cuadro 2. Nutrición en la etapa de desarrollo vegetativo para 1000 L de agua.

Elemento	ppm al 100 %	ppm del agua	Fórmula ppm	Fuentes sales a emplear	Concentración al 50 %
N	200	3.4	196.6	Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	236 g
P	40	0	40	Nitrato de calcio 5Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + 10 (H <sub>2</sub> O)	425 g
K	200	16.4	183.6	Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	4.23 g
Ca	195	36.9	158	Ácido bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	1.85 g
Mg	50	9.12	40.88	Sulfato de cobre (CuSO <sub>4</sub> -5(H <sub>2</sub> O))	392 mg
S	95	0	95	Fosfatomonamonico (11-48-0) (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	74 g
Fe	1.8	0.01	1.79	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	61 mL
Mn	1.0	0.02	0.98	Mn EDTA librel 13%	3.39 g
B	0.7	0.05	0.65	Zn EDTA librel 14%	329 mg
Cu	0.2	0	0.2	Sulfato de magnesio (sal epton) (MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	207 g
Zn	0.1	0	0.1		
				PH=5.5	CE= 1.5 mS

**Fuente: Rodríguez (2004).**

## D) Etapa de floración

Inicia con la aparición de los primeros primordios florales, hasta que la flor es diferenciada, esta etapa ocurre aproximadamente de 30-40 días, donde la planta necesita de ciertos nutrientes para no tener abortos florales (Cuadro 3) (Pérez y Hurtado, 2001).

Cuadro 3. Nutrición en la etapa de floración para 1000 litros de agua.

Elemento	ppm al 100%	ppm del agua	Fórmula ppm	Fuentes sales	Concentración al 75 %
N	170	3.4	166.4	Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	453 g
P	50	0	50	Nitrato de calcio 5Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + 10 (H <sub>2</sub> O)	638 g
K	250	16.4	233.6	Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	589 mg
Ca	195	36.9	158	Ácido bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	2.78 g
Mg	50	9.12	40.88	Sulfato de cobre (CuSO <sub>4</sub> -5(H <sub>2</sub> O))	589 mg
S	95	0	95	Fosfatomonooamónico (11-48-0) (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	139 g
Fe	1.8	0.01	1.79	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	91 mL
Mn	1.0	0.02	0.98	Mn EDTA librel 13%	5.09 g
B	0.7	0.05	0.65	Zn EDTA librel 14%	494 mg
Cu	0.2	0	0.2	Sulfato de magnesio (sal epson) (MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	310 g
Zn	0.1	0	0.1		
				PH=5.5	CE= 2.1 mS

Fuente: Rodríguez (2004).

## E) Etapa de fructificación

Empieza a partir del cuajado de las primeras flores y diferenciación de los primeros frutos aproximadamente a los 80 días en adelante, se identifica en el crecimiento de la planta, pues ésta se detiene y los frutos extraen nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Cuadro 4) (Pérez y Hurtado, 2001)

Cuadro 4. Nutrición en la etapa de fructificación para 1000 litros de agua.

Elemento	ppm al 100%	ppm del agua	Fórmula ppm	Fuentes sales a emplear	Concentración al 100 %
N	200	3.4	196.6	Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	862.64 g
P	55	0	55	Nitrato de calcio 5Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + 10 (H <sub>2</sub> O)	852.0 g
K	350	16.4	333.6	Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	8.46 g
Ca	195	36.9	158	Ácido bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	3.71 g
Mg	50	9.12	40.88	Sulfato de cobre (CuSO <sub>4</sub> -5(H <sub>2</sub> O))	785 mg
S	114	0	114	Fosfatomonoamonico (11-48-0) (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	204 g
Fe	1.8	0.01	1.79	Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	183 mL
Mn	1.0	0.02	0.98	Mn EDTA librel 13%	7.0 g
B	0.7	0.05	0.65	Zn EDTA librel 14%	659 mg
Cu	0.2	0	0.2	Sulfato de magnesio (sal epton) (MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	414.5 g
Zn	0.1	0	0.1		
				PH=5.5	CE= 2.4mS

Fuente: Rodríguez (2004).

### **3.2.4. Agroecología del cultivo**

#### **3.2.4.1 Altitud**

El cultivo de jitomate puede establecerse desde los 20 a los 2000 msnm, tomando en cuenta la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido (Castilla *et al.*, 1995).

#### **3.2.4.2 Suelo**

El jitomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, con valores de pH de 6.0-6.5. A mayor o menor nivel de pH en el suelo la disponibilidad de nutrientes puede afectar su absorción por la planta. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego, sin embargo, en la mayoría de las variedades la presencia de cloruro sódico reduce el tamaño de los frutos (Guzmán y Sánchez, 2000).

#### **3.2.4.3 Temperatura**

La temperatura óptima de día debe oscilar entre 20 y 30 °C y durante la noche de 13 a 18°C) si se tiene temperaturas por debajo de 10 °C por más de 4 horas en la noche debe contemplarse el uso de calefacción, la humedad relativa, debe oscilar entre 70-80 % (Sánchez y Contreras, 2000).

#### **3.2.4.4 Luz**

La planta de jitomate como mínimo debe de recibir entre 8 y 16 horas de luz diariamente, el crecimiento y desarrollo de la planta está condicionado por la intensidad de la luz, esto dependerá de la época y el lugar en donde se produzca; si es en verano será necesario la utilización de mallas sombras para evitar quemadura en las hojas y frutos por exceso de radiación (Sánchez y Contreras, 2000).

### **3.2.4.5 Humedad relativa**

La humedad relativa del aire debe encontrarse en un rango entre el 70% y 80% puesto que los valores superiores favorecen al desarrollo de enfermedades del follaje (Castilla *et al.*, 1995).

### **3.2.5 Producción de jitomate**

#### **3.2.5.1 Producción de jitomate a nivel mundial**

Según datos de FAOSTAT (2013), los cinco principales productores de jitomate son: China (producción anual de 50,552,200.00 toneladas), India (producción anual de 18,227,000.00 toneladas), Estados Unidos (producción anual de 12,574,550.00 toneladas), Turquía (producción anual de 11,820,000.00) y Egipto (producción anual de 8,533,803.00).

#### **3.2.5.2 Producción de jitomate en México**

Los estados productores en orden de importancia son; Sinaloa (867,832.04 ton/año), San Luis Potosí (196,011.25 ton/año), Michoacán (169,768.98 ton/año), Jalisco (158,701.46 ton/año) y Zacatecas (151,691.99 ton/año (SIAP, 2014).

#### **3.2.5.3 Producción de jitomate en Chiapas**

En el estado de Chiapas, la meseta comiteca ocupa el primer lugar en cuanto a producción anual (31,224.90 toneladas), seguidos de Tuxtla Gutiérrez (2,468.54 toneladas), Villa Flores (1,602.93 toneladas) y de Tonalá (340.02) (SIAP, 2014).

#### **3.2.5.4 Producción de jitomate en la meseta comiteca**

Los principales municipios en orden de importancia son: La Independencia (16,205.00 ton/anuales), La Trinitaria (10,320.00 ton/anuales), Comitán de Domínguez (3,611.90

ton/anuales), Las Margaritas (868.00 ton/anuales) y Frontera Comalapa (220.00 ton/anuales) (SIAP, 2014).

### **3.3 Enfermedades del jitomate**

#### **3.3.1. Bacterias**

Las bacterias son organismos microscópicos (0,2 a 1,2  $\mu\text{m}$  de diámetro y de 0,4 a 14  $\mu\text{m}$  de longitud). Se conocen alrededor de 1600 especies. La inmensa mayoría son organismos estrictamente saprófitos y como tales benefician al hombre, pues ayudan a descomponer grandes cantidades de materia orgánica, producida anualmente por el hombre y sus fábricas, así como la producida por la muerte de las plantas y animales. Diversas especies producen enfermedades en el hombre, como la tuberculosis, la neumonía y la fiebre tifoidea; otras producen infecciones en los animales, como por ejemplo la brucelosis y el ántrax. Se conocen alrededor de 100 especies de bacterias que producen enfermedades en las plantas. Todas las bacterias patógenas son organismos saprófitos facultativos y pueden cultivarse artificialmente en medios nutritivos (Agríos, 2005).

Las bacterias son microorganismos simples formadas por células procariotas; es decir, células que contienen un solo cromosoma pero que les hace falta una membrana nuclear o de organelos internos parecidas a las mitocondrias y los cloroplastos. Las bacterias y los organelos de la célula vegetal tienen muchas características en común, de ahí que los antibióticos que afectan a las bacterias, a menudo inhiban a las mitocondrias o a los cloroplastos sin que impidan las demás funciones de las células vegetales eucarióticas. Las bacterias pueden tener forma de bastón (bacilo), esférica, elipsoide, espiral, en forma de una coma o filamentosas. Algunas de éstas se desplazan en medios líquidos mediante flagelos mientras que otras carecen de ellos;

algunas especies pueden producir esporas, que les permite su supervivencia. Sin embargo, algunas bacterias no producen ningún tipo de spora. Las etapas vegetativas de la mayoría de los tipos de bacterias se reproducen mediante fisión simple, se reproducen con gran rapidez y su importancia como patógenos radica principalmente en que pueden producir cantidades enormes de células en un tiempo corto. Las enfermedades bacterianas de las plantas se producen en cualquier sitio que sea suficientemente húmedo o cálido y afectan a la mayoría de los tipos de plantas y, bajo ciertas condiciones ambientales, pueden ser extremadamente destructivas (Agrios, 2005).

Algunas de las bacterias de importancia económica así como los daños que ocasionan al cultivo de jitomate, se mencionan a continuación:

**Mancha bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*):** En el envés, aparecen manchas angulares de 2 a 3 mm de diámetro de color verde oscuro y aspecto húmedo, las cuales adquieren una coloración gris púrpura cuyo centro es de color negro y está provisto de un halo amarillo claro. En los frutos aparecen pequeños puntos acuosos que forman protuberancias que se agrandan de 3-6 mm de diámetro. El centro se vuelve irregular, café, ligeramente hundido, con superficie áspera y escamosa (Gaber y Wiebe, 1997).

**Cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* Subsp. *michiganensis*):** Los primeros síntomas de la enfermedad son la marchitez, rizado y bronceado de las hojas, a menudo en un solo lado de la planta. Estos síntomas aparecen en forma unilateral en la planta. La marchitez puede desarrollarse gradualmente de un foliolo al próximo o puede ser general y destruir cuantioso follaje. Aparecen lesiones necróticas de hasta 6 mm de diámetro en la superficie de las hojas viejas superiores, o puntos circulares ligeramente protuberantes de 3 mm de diámetro. En

tallo, en ocasiones se observan chancros oscuros, longitudinales y abiertos que pueden exudar un líquido amarillo al realizar un corte longitudinal del tallo. En los frutos aparecen pequeñas lesiones necróticas rodeadas por un halo blanquecino que semeja el aspecto de un ojo de pájaro (Gaber y Wiebe, 1997).

**Peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*):** Esta bacteria produce manchas sobre hojas, tallos y frutos. En las hojas se observan pequeños puntos negros que no sobrepasan los 2 mm, rodeados por un halo amarillo bien marcado que pueden confluir; si aparecen sobre las nervaduras éstas se tornan negras. A menudo el centro de la lesión y las hojas jóvenes pueden presentar agujeros. Cuando el ambiente es favorable, las lesiones son más abundantes en el borde de los folíolos, en donde causa un tizón severo. También pueden aparecer manchas negras de forma irregular en tallo, peciolo y borde de los sépalos. (Gaber y Wiebe, 1997).

### **3.3.2 Virus**

Son patógenos intracelulares causantes de una inmensidad de pérdidas en plantas cultivadas, siendo uno de los principales factores limitantes de la producción. Las pérdidas causadas por estos fitopatógenos se manifiestan en cultivos extensivos como hortalizas y frutales y al no existir medidas de control curativo para esta enfermedad, la disputa contra estos patógenos se ha realizado en medidas preventivas como prácticas culturales, que incluyen control de agentes vectores, eliminación de fuentes de infección, utilización de material de propagación libre de virus y modificación en las fechas de siembra o plantación entre otras (Sandoval, 2004).

Los virus presentan algunos síntomas bastante característicos, aunque puede confundirse con los causados por la acción de agentes abióticos como déficit nutricional, falta o exceso de agua, toxicidad por productos químicos (pesticidas y herbicidas) o problemas de suelos; los

síntomas más comunes causados por virus, se puede mencionar los cambios de coloración en hojas y frutos (mosaicos y moteados) que corresponden a áreas de diferente color (verde claro o amarillo generalmente) alternadas con la coloración normal de estas estructuras (Sandoval, 2004).

Los cambios de coloración también se pueden manifestar como clorosis y bandeo de venas en hojas y anillos cloróticos o necróticos en hojas y tallos, otros síntomas típicos de esta enfermedad son las alteraciones en el crecimiento como el acortamiento de entrenudos, cambio en la morfología de algunas estructuras (deformación de frutos, acucharamiento de hojas y ampollamiento), brotación desuniforme o fuera de tiempo. Además se puede producir un aborto floral o de frutos, lo que afectará finalmente en el rendimiento (Sandoval, 2004).

**Virus del mosaico del pepino dulce (Pepino Mosaic Virus) (PepMV):** En el año 1999, se manifestó esta enfermedad en cultivos de jitomate en varios países europeos y en Estados Unidos, extendiéndose por las zonas de cultivo intensivo de jitomate en ambos continentes. Es una especie viral, perteneciente al género *Potexvirus*, que comprende al menos otras 30 especies virales caracterizadas por presentar partículas flexuosas y filamentosas. La manifestación del PepMV depende del sistema del cultivo, la forma de conducir las plantas, las fechas de plantación, estado de desarrollo de las plantas, de las condiciones ambientales, de la época del año y del comportamiento de las variedades; pudiendo haber afecciones asintomáticas en algunos ciclos del cultivo (Sandoval, 2004).

El inicio de los síntomas tiene lugar durante la primavera consistiendo en intensos mosaicos amarillos en las hojas maduras del estrato medio de las plantas e irregular distribución en los folíolos. En ocasiones el desarrollo del mosaico es tan intenso que se produce una deformación en las hojas e incluso se puede generar un marchitamiento. Puede aparecer estrías

longitudinales decoloradas en los tallos, peciolo y frutos. En plantas jóvenes se producen distorsiones acentuadas en los folíolos y una reducción en el desarrollo de la planta. El síntoma característico es el abullonado del limbo. En los frutos aparece un mosaico de distintas tonalidades entre el rojo y el anaranjado-amarillento, a modo de un jaspeado superficial, este síntoma se acentúa cuando se producen desequilibrios nutricionales (Sandoval, 2004).

**Virus de la cuchara o virus del rizado amarillo del jitomate (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) (TYLCV).** Esta enfermedad está formada por un complejo vírico TYLCV, perteneciente al género *Begomovirus*, causando severas pérdidas en el cultivo del jitomate en Oriente Próximo, Europa, África, Islas del Caribe, América Central, México y sureste de Estados Unidos. El virus es adquirido de plantas afectadas por los estados inmaduros de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y transmitido por el adulto. Los síntomas típicos de la enfermedad son visibles transcurridas aproximadamente de dos a tres semanas y dependiendo de las condiciones ambientales, generándose las siguientes características: Brotes con folíolos enrollados hacia el haz, una clorosis marcada en su fase terminal y una reducción del área foliar, redondeándose y abarquillándose, tomando la forma de una cuchara. El peciolo toma una forma helicoidal, se genera una disminución progresiva de la lámina foliar que puede llegar a desaparecer, quedando solo el nervio principal curvado, teniendo pérdida de flores, falta de cuajado, fruto más pequeño y de color pálido (Sandoval, 2004).

Una infección temprana provoca una reducción severa del crecimiento de la planta y una disminución en la producción de frutos. Existen numerosas malas hierbas que pueden albergar al virus, entre ellas se encuentran: *Solanum nigrum* (tomatitos del diablo), *Datura stramonium* (estramonio), *Malva parviflora* (malva) y *Sonchus spp.* (cenizos). Así también existen numerosas

plantas cultivadas que actúan como huéspedes de este virus: tabaco, pimiento y frijol (Sandoval, 2004).

### **3.3.3 Hongos**

Estos microorganismos constituyen el grupo de fitopatógenos más importante desde el aspecto económico en cuanto a su frecuencia de aparición y daño que pueden causar. Los hongos se pueden clasificar con base en los órganos de la planta que afectan, encontrando fitopatógenos asociados al follaje (hojas y folíolos), otros que afectan al fruto, algunos que se ubican en los vasos conductores del tallo y por último los que atacan el sistema radical de la planta (Sandoval, 2004).

Estos agentes fitopatógenos pueden producir síntomas bastante extensos, como manchas necróticas en hojas, folíolos y tallos, amarillamiento del follaje, pérdida de turgencia y marchites, necrosis interna en tallos y raíces, pudrición radical y de frutos. Incorporado a esto, en algunos casos es posible observar el desarrollo del hongo sobre el tejido afectado, lo que puede facilitar en gran medida el diagnóstico. Estos microorganismos se reproducen por lo general a través de esporas las cuales pueden ser diseminadas por el agua, viento e incluso insectos. Estas estructuras de diseminación se pueden formar ya sea a través de mecanismos sexuales o asexuales (Sandoval, 2004).

**Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*).** *C. gloeosporioides* es un hongo que puede afectar a los frutos, tallos, hojas y raíces, donde la primera y la última infección son las de mayor gravedad. Aunque los frutos ya estén infectados cuando están verdes, no presenta síntomas hasta que están maduros. Las lesiones primarias son circulares y profundas que se suman con su anillo concéntrico, que se agudiza conforme se expanden. El centro de la lesión se torna de color café

claro y desencadena una serie de puntos negros (microsclerocios). En las raíces infectadas se desarrollan lesiones de color café con microsclerocios sobre su superficie. La infección de la raíz se relaciona con la raíz corchosa causada por el *Pyrenochaeta lycopersici*. Este hongo tiene un rango de hospedaje amplio y sobrevive durante años en la tierra de plantas que se están descomponiendo. La humedad y temperaturas entre 10-30°C favorecen la infección de huéspedes. Los conidios y microsclerocios pueden infectar el tejido huésped que está en contacto directo con el suelo infestado o bien puede ser diseminado por el salpicar de la lluvia o el riego por aspersión. Los conidios penetran el tejido en forma directa o a través de lesiones. La infección de las raíces generalmente se presenta cuando el inóculo micótico es alto y la planta está sometida a esfuerzos nutricionales debido a condiciones deficientes de crecimiento o están infectadas por otro patógeno, en especial *Pyrenochaeta lycopersici* (Dodson *et al.*, 1997).

**Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).** El primer síntoma de ésta enfermedad se presenta cuando el peciolo de las hojas infectadas se dobla. La lesión foliar y del tallo se presenta como manchas verdosas, irregulares, acuosas y grandes. Estas manchas crecen y se tornan como papel café. En condiciones de alta humedad es probable que en la parte inferior de la hoja se presente un crecimiento micótico con esporulación blanca. Campos completos pueden verse afectados por daño foliar y daños en los frutos. Las lesiones en los frutos son grandes, firmes e irregulares manchas verde-café, cuya superficie es de apariencia grasa y tosca. *Phytophthora infestans*, puede sobrevivir en plantas voluntarias, en cultivos caseros de papas y jitomates, en los restos de las cáscaras de papa y en malezas solanáceas. Las esporas del hongo se pueden transportar por grandes distancias a causas de tormentas. El clima frío y húmedo favorece el desarrollo de la enfermedad. Bajo estas condiciones la enfermedad progresa rápidamente y puede llegar a destruir cultivos completos en pocos días (Dodson *et al.*, 1997).

**Tizón temprano (*Alternaria solani*).** Fue descrito por primera vez en 1882, a partir de hojas muertas de papa colectadas en New Jersey; en gran Bretaña en 1904 causó una epidemia de los jitomates (Walker, 1959).

*Alternaria solani* se puede transmitir por semilla, con base a esto, puede afectar semilleros y plantas de transplante. La enfermedad también ataca a otras solanáceas como papa y berenjena. Este hongo puede sobrevivir en plantas espontaneas de jitomate, así como en papa, berenjena o solanáceas silvestres. Las esporas del hongo se diseminan por el viento y por el salpique de agua de lluvia. Condiciones de alta humedad y temperaturas de 24-29 °C favorecen el desarrollo de *A. solani* (Jones *et al.*, 2001; Momol y Pernezny, 2006; Martin *et al.*, 2010).

Actualmente *Alternaria solani*, se encuentra distribuida en todas las zonas del mundo en donde se cultiva jitomate. Martín y Thurston (1989), mencionan que se presenta en zonas paperas ubicadas en regiones húmedas y cálidas de países como India, Uruguay, Brasil y del Caribe. Según Gómez (2012), En la República Mexicana se ha encontrado en Morelos, Sinaloa, Michoacán, Guanajuato, Estado de México, Coahuila, Nuevo León y otras pequeñas áreas donde se cultiva jitomate y papa. En el estado de Nayarit es considerado la principal enfermedad fungosa que afecta al follaje del jitomate (Figura 3) (Gómez *et al.*, 2011).



Figura 3. Lesiones foliares en jitomate por *Alternaria solani*.

### **3.4. Manejo integrado de enfermedades en jitomate**

#### **3.4.1 Manejo químico**

Se recomienda aspersiones químicas con fungicidas tales como el Sprodine, Maneb, Captafol, Triforine o una mezcla de Maneb y Zinc. Las aspersiones deben repetirse a intervalos de una a dos semanas, dependiendo de la prevalencia de la enfermedad. (Agrios, 1991).

#### **3.4.2 Manejo por resistencia sistémica**

La utilización de resistencia sistémica, consiste en un estado fisiológico de mejora en la capacidad defensiva de la planta elicitada por un estímulo medioambiental específico, mediante el cual las defensas innatas de las plantas son potenciadas contra cualquier cambio biótico (Van Loon, Bakker y Pieterse, 1998). Este estado de resistencia es efectivo contra un rango amplio de patógenos y parásitos, incluyendo hongos, bacterias, virus, nematodos, plantas parasitas y algunos insectos herbívoros (Benhaumou y Nicole, 1999).

El uso de elicitores sintéticos y cepas de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas (PGPR por sus siglas en inglés) parece ser una alternativa benéfica al medio ambiente a diferencia de lo que ocurre con los plaguicidas de uso común. Esta característica hace que los inductores de resistencia sean un enfoque distinto para el manejo de enfermedades de una manera sustentable dentro del alcance de un sistema de agricultura convencional (Vallad y Goodman, 2004).

##### **3.4.2.1. *Bacillus subtilis* como inductor de resistencia sistémica inducida (RSI)**

El género *Bacillus* pertenece a la familia *Bacillaceae*, es un género que incluye más de 60 especies de bacilos. Este género está formado por microorganismos bacilares gram positivos,

formadores de endosporas, quimiheterótrofos que normalmente son móviles y rodeados de flagelos periticos. Son anaerobios o aerobios facultativos, son catalasa positiva. Las células bacterianas de este género tienen un amplio tamaño que varía 0,5 a 2,5  $\mu\text{m}$  x 1,2-10  $\mu\text{m}$ . Este género se encuentra comúnmente en suelos y plantas donde tienen un papel importante en ciclo del carbono y el nitrógeno. Son habitantes comunes de aguas frescas y estancadas, son particularmente activos en sedimentos. (Koneman, 2001).

El efecto benéfico de *Bacillus subtilis* como RSI, incluye la protección de la planta ante infecciones por diversos patógenos como hongos, bacterias, virus y nematodos (Kloepper, Ryu y Zhang 2004). Algunos lipopéptidos como surfactina y fengicina que son producidos por *Bacillus subtilis* también pueden inducir RSI en plantas (Ongena *et al.*, 2007). Así mismo, se han publicado diversos trabajos tratando de dilucidar los mecanismos que inducen la RSI en plantas, donde los compuestos volátiles están jugando un papel relevante de dicha inducción. Por nombrar algunas cepas y especies de *Bacillus* cuyos volátiles inducen RSI, se pueden mencionar a *Bacillus subtilis* GBO3, *Bacillus cereus* AR156, *Bacillus subtilis* FB17 y *Bacillus amyloquefaciens* IN937a (Ryu *et al.*, 2003; Niu *et al.*, 2011; Rudrappa *et al.*, 2010). Recientemente, se ha propuesto que *Bacillus subtilis* FB17 produce acetoína (3-hidroxi- 2-butanona), reportada como el volátil responsable de encender RSI en plantas de arábido (*Arabidopsis thaliana*) (Rudrappa *et al.*, 2010). Tratando de descubrir las vías de señalización que responden a volátiles, se ha propuesto que *B. subtilis* GB03 induce RSI a través de vías dependientes de etileno e independientes de ácido salicílico y ácido jasmónico (Ryu *et al.*, 2004). Aunque algunos autores proponen que la inducción de RSI, utilizan las vías del etileno así como del jasmonato (Pieterse *et al.*, 1998; Compant *et al.*, 2005).

### **3.4.2.2. Ácido salicílico como inductor de resistencia sistémica adquirida (RSA).**

El ácido salicílico (AS) es conocido al extenso uso clínico de la aspirina, ácido acetil salicílico (ASA) (Raskin, 1992). El nombre de AS proviene de *Salix*, árbol cuyas hojas y corteza, tradicionalmente se utilizaban como cura para el dolor y la fiebre, de donde Johann Bochner en 1828 aisló la salicilina. En 1874 se inició la producción comercial de AS en Alemania, mientras que el nombre comercial de Aspirina, aplicado al ASA fue introducido en 1898 por la Bayer Company (Gutiérrez *et al.*, 1998). El AS es una sustancia encontrada en todos los tejidos vegetales y se incluye en la categoría de las fitohormonas, participando por ejemplo en procesos como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración y cierre de estomas. (Raskin, 1992).

La RSA es caracterizada por una acumulación de ácido salicílico (AS) y por la expresión de proteínas relacionadas con la patogénesis (PRs) (Van Loon *et al.*, 1998). La RSA se inicia cuando la planta es desafiada por el patógeno que induce la necrosis local, cuando una planta es atacada por una enfermedad o plaga (hongos, virus, bacterias, nematodos e insectos), ella genera AS para advertirle al resto de la planta que está siendo afectada y que suba sus defensas (Custers, 2007). Estudios realizados por Durrant y Dong (2004), mencionan que la señalización puede ocurrir a través de la conservación del AS a compuestos volátiles, como metil salicilato, el cual puede inducir resistencia a plantas no solo en partes donde no se inoculó, sino también en plantas vecinas. El AS puede ser generado por dos vías enzimáticas distintas dependientes del corismato. En la primera ruta, el corismato es transformado a fenilalanina, luego es convertido a ácido cinámico mediante la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), con base a esta reacción, se genera el ácido benzoico para terminar en AS. En la segunda ruta, el corismato es convertido a isocorismato mediante la participación enzimática de isocorismato sintasa (ICS) y éste último a

AS mediante la enzima isocorismato piruvato liasa (IPL). Por lo general el AS inducido por patógenos es sintetizado por la ruta del isocorismato que se localiza en el cloroplasto (Wildermuth *et al.*, 2001).

## **4. OBJETIVOS E HIPOTESIS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar el efecto de la resistencia sistémica inducida (*Bacillus subtilis*) y adquirida (ácido salicílico) como estrategia para el control del tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* y la fitohormona ácido salicílico sobre variables morfológicas (altura de la planta y diámetro del tallo) y variable de rendimiento (frutos totales) del jitomate.
- Obtener el mejor tratamiento de *Bacillus subtilis* y ácido salicílico para el control del tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

### **4.3 HIPÓTESIS**

- El uso de *Bacillus subtilis* con la fitohormona ácido salicílico reduce la incidencia y la severidad del tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de jitomate.
- Dado que el género *Bacillus* está considerado como promotor de crecimiento al igual que la fitohormona ácido salicílico, mejorará el desarrollo en las plantas de jitomate.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó, en la localidad Victorico R. Grajales, ubicada sobre la Carretera a Lagos de Montebello en el Km 26.5, La Trinitaria, CHS.  $16^{\circ} 7' 16.71''\text{N}$  y  $91^{\circ} 49' 0.48''\text{W}$ , a una altitud de 1534 msnm (Figura 4) (Inegi, 2015).

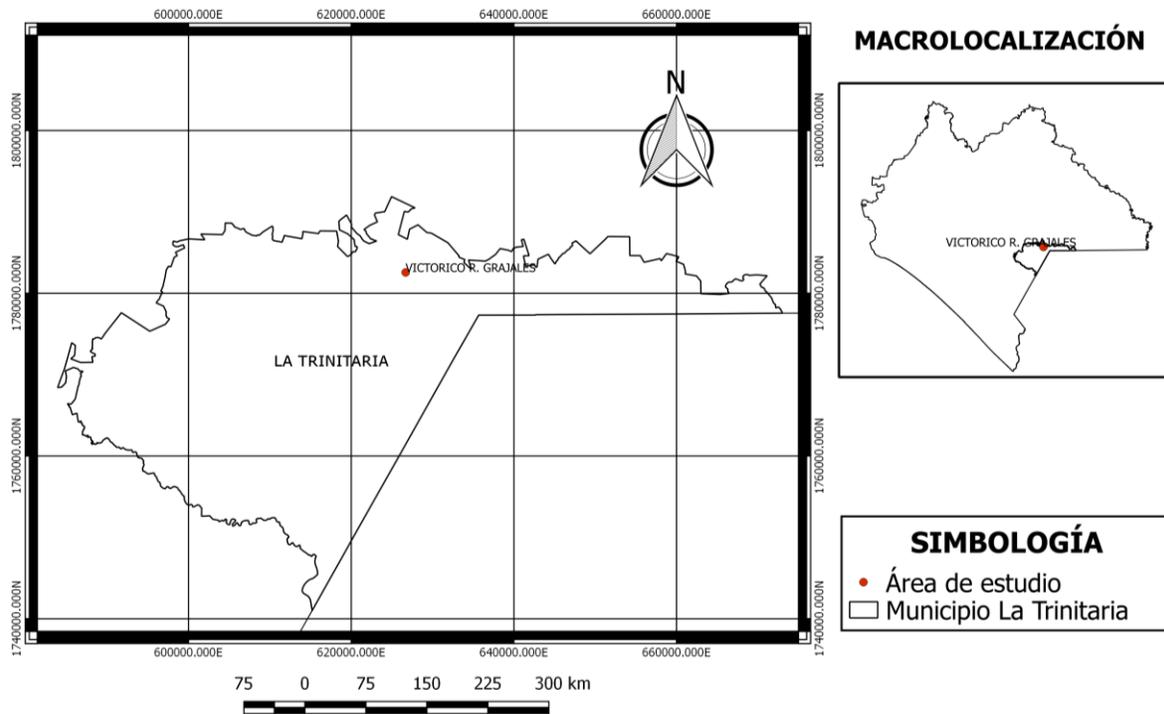


Figura 4. Macro localización del área de estudio.

Fuente; Inegi (2015).

## **5.1 Tipo de suelo en La Trinitaria**

Los tipos de suelos presentes en el municipio de La Trinitaria son: Phaeozem (26.69%), Luvisol (23.56%), Leptosol (23.17%), Vertisol (15.50%), Acrisol (3.24%), Planosol (2.53%), Cambisol (1.15%), Chernozem (1.08%), Fluvisol (0.80%) y Regosol (0.46%) (Inegi, 2008).

## **5.2 Clima**

En la Trinitaria Chiapas, se cuenta con una temperatura máxima en promedio de 22.10°C y de una temperatura mínima promedio de 9.22° C (CONAGUA, 2015).

## **5.3 Hidrografía**

### **5.3.1 Lagunas**

De Montebello, Sistema Lagunario de Chinkultik, Azul, San José, Laguna Ojo de Agua (Lázaro Cárdenas), Laguna de Álvaro obregón, Laguna de Pamala, Laguna de los Ocotes, Laguna de Canté, Lagunas del Progreso (Inegi, 2008).

### **5.3.2 Lagos**

Lagos de Colón. El nombre proviene de que estos lagos se encuentran localizados en la comunidad ejidal Cristóbal colón (a 51 km de la cabecera municipal), en un área de aproximadamente 350 hectáreas. Lagos de Colón se compone por 44 lagunas, las más conocidas son: Las Garzas, La Ceiba, Bosque Azul, Agua Tinta, Ixshal, Vista Hermosa y Cristal. También tiene las cascadas de: Las Lluvias del Norte, Brisas del Sumidero y Grutas del Arco. Además de la Laguna del Carmen (Inegi, 2008).

### **5.3.3 Arroyos**

El Carmen (san juan del valle, dolores concepción, valle alegre), yoshama (san juan del valle), el sabinal (de la independencia a juncana), el encuentro (juncana, la esperanza, porvenir agrarista), ojo de agua (el carrizal, hidalgo desembocando en el paso del soldado), cinta el encuentro (la esperanza, juncana) tziscao, caña de shela (c. shela), ojo de agua ( los clavelitos, guadalupe corralito, san francisco ojo de agua, Belisario Domínguez), chihuahua (Inegi, 2008).

### **5.4 Uso del suelo y vegetación**

Agricultura (28.74%), pastizal cultivado (13.99%) y zona urbana (0.80%). Selva (24.16%), bosque (22.71%), pastizal inducido (8.01%), tular (0.76%) y vegetación de galería (0.19%) (Inegi, 2008).

### **5.5 Población**

La Trinitaria Chiapas, tiene una población total de 84,176 habitantes, de los cuales 41,333 son hombres y 42,843 son mujeres (Inegi, 2016).

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Transplante

La fecha de transplante se realizó el primero de Julio del 2016, la variedad de jitomate a trabajar fue de crecimiento determinado del híbrido pony express F1 de la semillera Harris Moran. La distancia entre plantas fue de 0.40 m y 1.20 m entre hileras (INIFAP, s.f.).

### 6.2 Diseño experimental y análisis estadístico

Se evaluaron nueve tratamientos en un diseño al azar con cuatro repeticiones con 20 plantas por repetición (9x4x20), teniendo una unidad experimental de 720 plantas, se utilizó una parcela de 8 m de ancho por 43.2 m de largo (345.2. m<sup>2</sup>), con un total de 36 surcos, cada surco fue una repetición, (Anexo 1). Los tratamientos fueron marcados con tinte indeleble para su fácil localización (figura 5). La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), en el programa SPSS, con la finalidad de ver diferencias significativas entre los tratamientos.



Figura 5. Estacas marcadas con tinta indeleble para la fácil localización de los tratamientos.

En el cuadro 5, se muestran los nueve tratamientos evaluados, para el control del *tizón temprano* (*Alternaria solani*) en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

Cuadro 5. Tratamientos evaluados con dosificación y modo de aplicación.

Tratamiento	Producto	Dosis	Modo de aplicación
1	Testigo	0	0
2	<i>Bacillus</i>	10 mL/L	Raíz
3	<i>Bacillus</i>	10 mL/L	Follaje
4	Ácido salicílico	1.00 mL/L	Raíz
5	Ácido salicílico	1.00 mL/L	Follaje
6	<i>Bacillus</i> /Ácido salicílico	10 mL/L y 1.00 mL/L	Raíz
7	<i>Bacillus</i> /Ácido salicílico	10 mL/L y 1.00 mL/L	Follaje
8	<i>Bacillus</i> /Ácido salicílico	10 mL/L y 1.00 mL/L	Raíz/Follaje
*9	Químico	-----	Raíz/Follaje

\*Para el tratamiento número 9, se utilizaron diferentes productos químicos a diferentes dosis, (Cuadro 6).

Cuadro 6. Productos químicos utilizados para el tratamiento de hongos en el suelo (*Dampin off*), hongos en el área foliar (*Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*) y problemas de bacterias (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Erwinia Corynebacterium* y *Streptomyces*).

Producto	Dosis	Modo de aplicación
Tokat® 240 CE (Metalaxil)	1.00 mL/L	Dirigidas a la base del cuello de la planta
Agry-Gent Plus 800 (Gentamicina)	2 g /L	Foliar
Manzate® 200 (Mancozeb)	10g/L	Foliar
Strike (Clorotalonil) +	10 g/L	Foliar

(Cimoxanil)		
Acrobat CT (Dimetomorf) + (Clorotalonil)	8 mL/L	Foliar
Consist Max (Tebuconazole + Trifloxystrobin)	1.25 mL/L	Foliar

\*Los productos y dosificación fueron propuestos por el comité tutorial de ésta tesis.

En el caso de *Bacillus subtilis* se utilizó el producto comercial Probacil, el cual consiste en un concentrado líquido de ésta bacteria con 100 millones de células por mL de la cepa LPbs1. La aplicación de éste producto se realizó semanalmente, empezando desde el transplante hasta finalizar el experimento (91 días).

Para el caso de la fitohormona ácido salicílico se utilizó el producto comercial VIRUS-STOP®, el cual consiste en un concentrado líquido de ésta fitohormona más ácidos fulvicos (5000 ppm). La aplicación de éste producto se realizó de igual manera que *Bacillus subtilis* (semanalmente hasta finalizar el experimento).

### 6.3 Costo y adquisición de productos

El costo de los productos tanto de inductores de resistencia como de químicos puede variar dependiendo la región, los distribuidores y del cambio de dólar, en nuestro caso se adquirieron dentro de la meseta comiteca en tiendas de agroquímicos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Costo de agroquímicos y de inductores de resistencia en el ciclo del jitomate por ha

PRODUCTO	PRESENTACIÓN	PRECIO PESOS MEXICANOS	DOSIS /ha	APLICACIONES	MONTO PESOS MEXICANOS	MONTO EN DÓLAR ESTADOUNIDENSE
Tokat® 240 CE (Metalaxil)	250 mL	\$280.00	2 L	2	\$4,480.00	\$224.00
Agry-Gent Plus 800 (Gentamicina)	250 g	\$200.00	2.5 kg	2	\$4,000.00	\$200.00

Manzate® 200 (Mancozeb)	1000 g	\$100.00	2 kg	8	\$1,600.00	\$80.00
Strike (Clorotalonil) + (Cimoxanil)	1000 g	\$450.00	2 Kg	4	\$3,600.00	\$180.00
Acrobat CT (Dimetomorf) + (Clorotalonil)	1 L	\$560.00	2.5 L	4	\$5,600.00	\$280.00
Consist Max (Tebuconazole) + Trifloxystrobin	250 mL	\$440.00	300 mL	3	\$1,320.00	\$66.00
Virus stop	250 mL	\$300.00	250 mL	12	\$3,600.00	\$180.00
Probacil	1 L	\$400.00	2 L	12	\$9,600.00	\$480.00

Fuente: Elaboración propia, con base a la dosificación del fabricante, Diciembre, 2016.

\*La dosificación y las aplicaciones de los productos químicos pueden variar pues están sujetos a la severidad de la enfermedad.

#### 6.4 Colecta de muestras del tizón temprano (*Alternaria solani*)

A los 45 días de haber trasplantado, *Alternaria solani* se hizo presente en el cultivo de jitomate debido a las fuertes lluvias y con esto el exceso de humedad (figura 6 y 7). Se colectaron muestras de tejido de plantas de jitomate con síntomas de tizón temprano para posteriormente llevarlas al laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, municipio de Ocozocoautla, donde personal del laboratorio hizo el aislamiento y la identificación del patógeno.



Figura 6. *Alternaria solani* en la hoja de jitomate a los 45 días después de transplante.



Figura 7. *Alternaria solani* en el tallo jitomate a los 45 días después de transplante.

## 6.5 Poda fitosanitaria

Para continuar con el experimento se realizó una poda fitosanitaria, la cual consistió en eliminar hojas, yemas axilares o frutos infectados con *Alternaria solani*, para todo los tratamientos (figura 8).



Figura 8. Poda fitosanitaria aplicada a las plantas en tratamiento.

## 6.6 Variables a Evaluar

Se tomaron 20 plantas al azar por tratamiento, se marcaron con estacas de madera para su localización, se les evaluó las variables morfológicas, de rendimiento y enfermedad, esto se realizó durante un periodo de 91 días después del transplante (Zárate, 2007).

### Variables morfológicas

Altura de la planta: Con la ayuda de un flexómetro, se realizaron las mediciones desde el nivel del suelo, hasta la parte superior de la planta, expresada en centímetros. Diámetro de tallo: Para

medir el grosor de tallo se utilizó un vernier marca santaley, tomando los primeros 5 centímetros de la planta después de haber emergida expresada en centímetros

### **Variable de rendimiento**

Frutos totales: El número de frutos totales se hizo sumando los frutos de todos los racimos.

### **Evaluación de la enfermedad**

Para saber el daño ocasionado por el tizón temprano en las plantas de jitomate, se utilizó la escala de daño basada en British Mycological Society citado por Mendoza y Tórrez (2005), que consiste en determinar el porcentaje de área de la planta dañada (Cuadro 8).

Cuadro 8. Escala de daño basada en British Mycological Society.

No. Escala	% Daño	Área foliar con manchas
0	0-0	Todo el área foliar de la planta sin manchas
1	0.1-5	De 5 a 10 manchas en el área foliar
2	6-10	¼ de la planta se encuentra afectada
3	11-25	1/3 de la planta se encuentra afectada
4	26-50	½ de la planta se encuentra afectada
5	51-75	El 75% de toda la planta se encuentra afectada
6	76-100	Todas las hojas muertas. Tallos muertos o muriendo

## 7. RESULTADOS

### Altura de la Planta

Los resultados sobre la variable altura de la planta presentan diferencias significativas entre tratamientos y testigo (Cuadro 9), siendo los mejores tratamientos el químico (Q) con una media de 74.15 cm, seguida del tratamiento *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F) con una media de 70.1 cm (Cuadro 10) y para saber la semejanza o diferencia estadística entre los tratamientos se presenta la figura 9.

Cuadro 9. Prueba de Tukey (0.05) para altura de la planta

HSD Tukey<sup>a</sup>

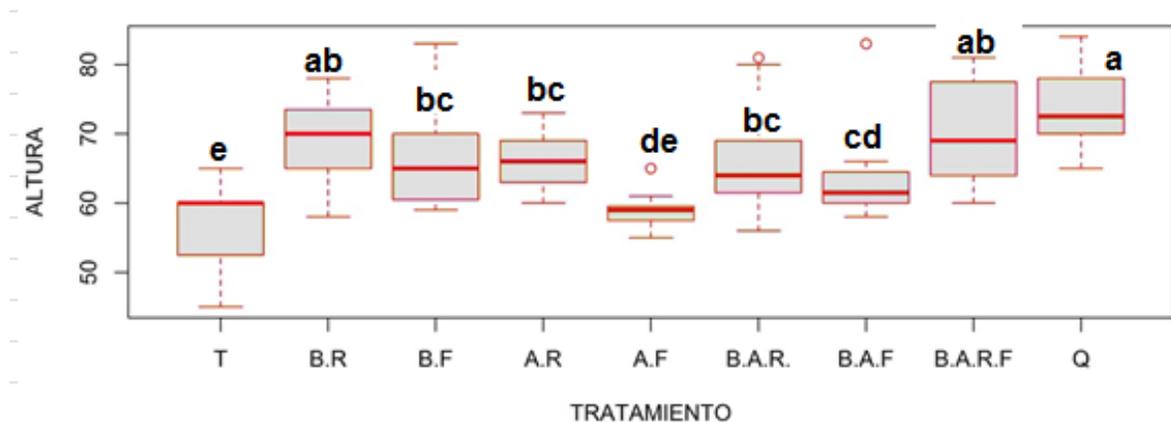
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
1.0 T	20	56.500				
5.0 A.F	20	58.800	58.800			
7.0 B.A.F	20		63.050	63.050		
6.0 B.A.R	20			65.650	65.650	
4.0 A.R	20			66.050	66.050	
3.0 B.F	20			66.300	66.300	
2.0 B.R	20				69.350	69.350
8.0 B.A.R.F	20				70.100	70.100
9.0 Q	20					74.150
Sig.		.923	.268	.637	.213	.136

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20.000.

Cuadro 10. Altura y desviación estándar sobre la variable altura de la planta

TRATAMIENTOS	MEDIA ALTURA (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (cm)
1. Q (Químico)	74.15	5.4799
2. <i>Bacillus</i> aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F)	70.1	7.1074
3. <i>Bacillus</i> aplicado a la raíz (B. R)	69.35	5.5939
4. <i>Bacillus</i> aplicado al follaje (B.F)	66.3	6.642
5. Ácido salicílico aplicado a la raíz (A.R)	66.05	3.8997
6. <i>Bacillus</i> y ácido salicílico aplicado a la raíz (B.A.R)	65.65	6.4586
7. <i>Bacillus</i> y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.F)	63.05	5.2863
8. Ácido salicílico aplicado al follaje (A.F)	58.8	2.2384
9. Testigo (T)	56.5	5.1555



\*a, b y c medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figura 9. Altura de la planta (cm) respecto a T (tratamiento), B.R (*B. raíz*), B.F (*B.follaje*), A.R (Ácido raíz), A.F (Ácido follaje), B.A.R (*B.Ácido raíz*), B.A.F (*B.Ácido follaje*), B.A.R.F (*B.raíz y Ácido follaje*), Q (Químico).

### Grosor de tallo

Los resultados sobre la variable grosor de tallo presentan diferencias significativas entre tratamientos y testigo (Cuadro 11), siendo los mejores tratamientos *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F) con una media de 1.12 cm, seguida del tratamiento *Bacillus* aplicado a la raíz (B. R) con una media de 1.06 cm (Cuadro 12) y para saber la semejanza o diferencia estadística entre los tratamientos se presenta la figura 10.

Cuadro 11. Prueba de Tukey (0.05) para grosor de tallo

HSD Tukey<sup>a</sup>

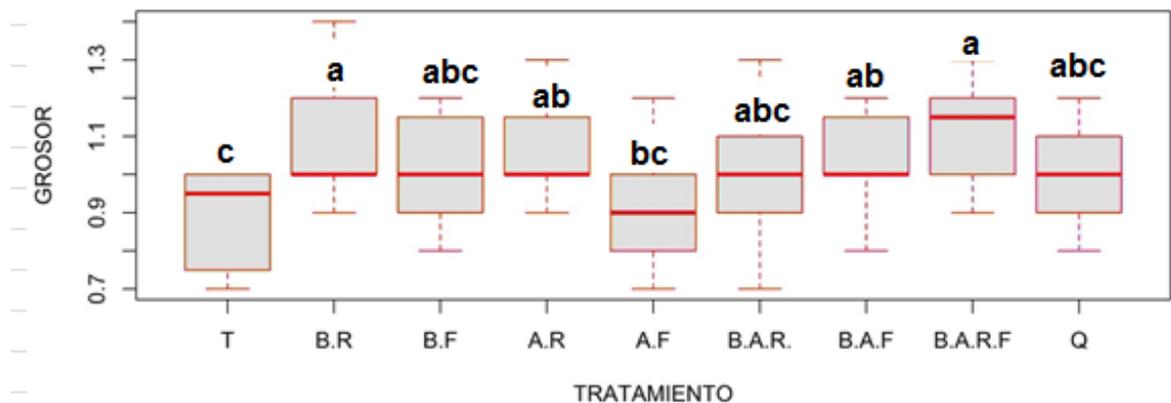
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1.0 T	20	.885		
5.0 A.F	20	.920	.920	
6.0 B.A.R	20	.990	.990	.990
9.0 Q	20	.995	.995	.995
3.0 B.F	20	1.010	1.010	1.010
7.0 B.A.F	20		1.030	1.030
4.0 A.R	20		1.050	1.050
2.0 B.R	20			1.060
8.0 B.A.R.F	20			1.120
Sig.		.073	.052	.052

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20.000.

Cuadro 12. Grosor de tallo y desviación estándar sobre la variable grosor de tallo

TRATAMIENTOS	MEDIA GROSOR DE TALLO (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (cm)
1. <i>Bacillus</i> aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F)	1.12	0.1361
2. <i>Bacillus</i> aplicado a la raíz (B. R)	1.06	0.1429
3. Ácido salicílico aplicado a la raíz (A.R)	1.05	0.1147
4. <i>Bacillus</i> y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.F)	1.03	0.1174
5. <i>Bacillus</i> aplicado al follaje (B.F)	1.01	0.1334
6. Q (Químico)	0.995	0.1317
7. <i>Bacillus</i> y ácido salicílico aplicado a la raíz (B.A.R)	0.99	0.1553
8. Ácido salicílico aplicado al follaje (A.F)	0.92	0.1152
9. Testigo (T)	0.885	0.1309



\*a, b y c medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figura 10. Grosor de tallo (cm) respecto a T (tratamiento), B.R (*B.* raíz), B.F(*B.*follaje), A.R (Ácido raíz),A.F (Ácido follaje), B.A.R (*B.*Ácido raíz), B.A.F (*B.*Ácido follaje), B.A.R.F (*B.*raíz y Ácido follaje), Q (Químico).

## Rendimiento

Las plantas tratadas con *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F), obtuvieron un rendimiento promedio de 55 frutos por planta, el cual fue significativamente mayor al del testigo (promedio de 3 frutos por planta) (Cuadros 13 y 14 ) y para saber la semejanza o diferencia estadística entre los tratamientos se presenta la figura 10.

Cuadro 13. Prueba de Tukey (0.05) para frutos totales

HSD Tukey<sup>a</sup>

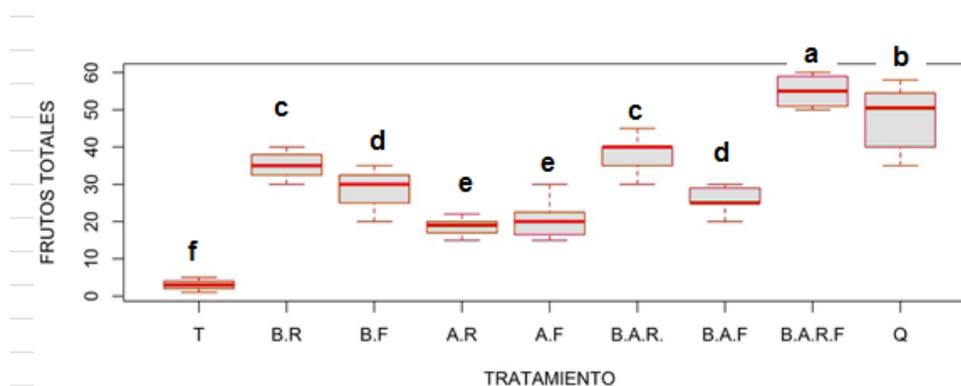
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
1.0 T	20	3.000					
4.0 A.R	20		18.600				
5.0 A.F	20		20.350				
7.0 B.A.F	20			26.000			
3.0 B.F	20			28.750			
2.0 B.R	20				35.100		
6.0 B.A.R	20				38.150		
9.0 Q	20					47.850	
8.0 B.A.R.F	20						55.000
Sig.		1.000	.951	.601	.457	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20.000.

Cuadro 14. Frutos totales y desviación estándar sobre la variable rendimiento

TRATAMIENTOS	MEDIA DE FRUTOS POR PLANTA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1. Bacillus aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F)	55	4.9097
2. Q (Químico)	47.85	6.4911
3. Bacillus y ácido salicílico aplicado a la raíz (B.A.R)	38.15	5.7333
4. Bacillus aplicado a la raíz (B. R)	35.1	3.5229
5. <i>Bacillus</i> aplicado al follaje (B.F)	28.75	4.7337
6. Bacillus y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.F)	26	6.5775
7. Ácido salicílico aplicado al follaje (A.F)	20.35	2.1343
8. Ácido salicílico aplicado a la raíz (A.R)	18.6	1.1425
9. Testigo (T)	3	1.214



\*a, b y c medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figura 11. Frutos totales respecto a T (tratamiento), B.R (*B. raíz*), B.F (*B. follaje*), A.R (Ácido raíz), A.F (Ácido follaje), B.A.R (*B. Ácido raíz*), B.A.F (*B. Ácido follaje*), B.A.R.F (*B. raíz y Ácido follaje*), Q (Químico).



Figura 12. *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F).

### **Evaluación de Daño**

Para la evaluación del daño, haciendo referencia a la Escala de Daño basada en British Mycological Society, el mejor tratamiento fue el químico (Q) con una media de daño de 1.20, seguida del tratamiento *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F) con una media de daño de 2.75, significativamente mayor al del testigo (5.5) (Cuadros 15 y 16), y para saber la semejanza o diferencia estadística entre los tratamientos se presenta la figura 13.

Cuadro 15. Prueba de Tukey (0.05) para daño por *Alternaria solani* en el cultivo de jitomate

HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
9.0 Q	20	1.200				
8.0 B.A.R.F	20		2.750			
2.0 B.R	20		3.050	3.050		
7.0 B.A.F	20		3.250	3.250	3.250	
3.0 B.F	20		3.400	3.400	3.400	
6.0 B.A.R	20		3.700	3.700	3.700	
4.0 A.R	20			3.800	3.800	
5.0 A.F	20				4.050	
1.0 T	20					5.500
Sig.		1.000	.055	.263	.187	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20.000.

Cuadro 16. Evaluación de daño por *Alternaria solani*, basado en la Escala de daño de British Mycological Society y desviación estándar.

TRATAMIENTOS	MEDIA EVALUACION DE DAÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1. Q (Químico)	1.2	0.4104
2. Bacillus aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.R.F)	2.75	0.7864
3. Bacillus aplicado a la raíz (B. R)	3.05	1.3563
4. Bacillus y ácido salicílico aplicado al follaje (B.A.F)	3.25	1.0699
5. Bacillus aplicado al follaje (B.F)	3.4	0.8826
6. Bacillus y ácido	3.7	0.9234

salicílico aplicado a la raíz (B.A.R)		
7. Ácido salicílico aplicado a la raíz (A.R)	3.8	0.9515
8. Ácido salicílico aplicado al follaje (A.F)	4.05	1.3563
9. Testigo (T)	5.5	0.513

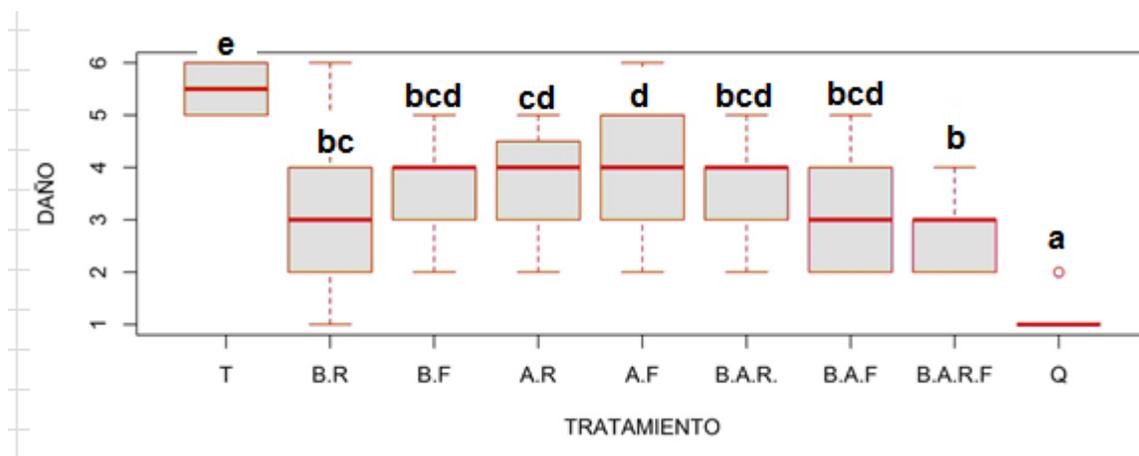


Figura 13. Escala de daño para *Alternaria solani*, utilizando la escala de daño basada en British Mycological Society, respecto a T (tratamiento), B.R (*B.* raíz), B.F (*B.* follaje), A.R (Ácido raíz), A.F (Ácido follaje), B.A.R (*B.*Ácido raíz), B.A.F (*B.*Ácido follaje), B.A.R.F (*B.*raíz y Ácido follaje), Q (Químico). \*a, b y c medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

### Relación Costo-Beneficio

Derivado del cuadro 7, se realizó la sumatoria de los productos químicos y de los inductores de resistencia utilizados por ha., para luego hacer una comparación entre éstos y saber la relación costo-beneficio (Cuadro 17).

Cuadro 17. Relación costo/beneficio sobre el tratamiento químico comparado con los inductores de resistencia en el ciclo del jitomate por ha.

PRODUCTO	COSTO PESOS MEXICANOS	PRECIO EN DÓLAR ESTADOUNIDENSE	DIFERENCIA PESOS MEXICANOS	DIFERENCIA DÓLAR ESTADOUNIDENSE
Químico	\$20600	\$1030		
Inductores de resistencia ( <i>Bacillus</i> /Ácido)	\$9600	\$480		
			<b>\$11000</b>	<b>\$550</b>

## 8. DISCUSIONES

Los rendimientos en los tratamientos con *Bacillus*, coinciden con lo reportado por Vallad y Goodman (2004), quienes mencionan que algunos inductores de resistencia además de activar mecanismos de defensa promueven un efecto favorable en calidad y rendimiento sobre los frutos. De igual manera concuerdan con estudios obtenidos por Avilés (2008), donde logró un incremento en el rendimiento del jitomate (1,38 kg/planta) con respecto al control con la aplicación de ácido salicílico a una concentración de 0,01 mM. Resultados similares fueron hechas por Sánchez *et al.*, (2011) al evaluar el efecto del ácido salicílico en chile jalapeño, encontrando que el ácido salicílico a concentraciones de 0.1 mM y 0.2mM, tiene un efecto positivo en el incremento de la biomasa en raíz y foliar (incrementos de 43% y 36%) así como mayor producción de frutos con un incremento de 17% y 28 % en relación con el tratamiento control. Matos (2004), al hacer aplicaciones de ácido salicílico a concentraciones de 0.005 y 0.01 mM en plantas de tomate logró un incremento en la biomasa seca de hojas, tallo y raíz. Así también Mex *et al.* (2010), al realizar aplicaciones bajas de ácido salicílico en concentraciones de 1  $\mu$ M en petunia aumentó la floración en un 33% y 37% respectivamente, en comparación con el testigo, además de que la concentración de 1  $\mu$ M, aumentó no sólo el número de flores en un 72 %, sino que también indujo precocidad de la floración en comparación con el control. Larqué *et al.* (2010), al hacer aplicaciones de ácido salicílico en el cultivo de tomate, mencionan que éste compuesto incrementó significativamente la altura, el área foliar, el peso fresco y seco del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la raíz.

El rendimiento en los cultivos es el objetivo principal en la producción de cualquier cultivo (Datta *et al.* 2011).

A pesar de que en la escala de daño el mejor tratamiento fue el químico, *Bacillus* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje, estuvo muy de cerca y esto no afectó la producción. Coincidiendo con Vallad y Goodman (2004), donde mencionan que algunas rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, activan las rutas del ácido jasmónico y del etileno, activando con esto la defensa de las plantas. Con la utilización de estos dos inductores de resistencia se inhibe la severidad de los patógenos como se observó en nuestro caso. Concordando con trabajos realizados por Ji *et al.*, (2006), donde observaron que a los 14 días de haber inoculado las PGPR (*P. fluorescens* 89B-61 y *Bacillus pumilus* SE34) en el suelo al momento del trasplante y después de someter a las plantas de jitomate con *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* vía foliar, la planta generó una protección de un 60% y una mayor protección (82.2%) al hacer una combinación con *P. fluorescens* 89B-61. Así también Raupach y Kloepper (2000), al hacer aplicaciones de *Bacillus subtilis* cepa GB03, *Bacillus pumilus* INR7 y *Curtobacterium flaccumfaciens*, para evaluar resistencia sistema inducida contra *P. syringae* pv. *lachrymans* en el cultivo de pepino, observaron una promoción significativa del crecimiento en las plantas inoculadas con estas bacterias comparada con el tratamiento testigo que no fue tratado.

Los resultados en el daño ocasionado por *Alternaria solani* coinciden con los de Tlatilpa (2010), donde sus estudios demostraron que *Bacillus subtilis* aplicado a la raíz a una concentración de 5 mL/L de agua, de la cepa 3 del cepario CINVESTAV, México, y la mezcla de la cepa 2 con la cepa 3 (5mL/L de agua + 5mL/L de agua, aplicado a la raíz), del mismo cepario, controla la severidad de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, no afectando el crecimiento ni el rendimiento de las plantas de jitomate.

El tratamiento *Bacillus* aplicado a la raíz obtuvo mejores resultados (número de frutos, escala de daño y grosor de tallo), que los aplicados al follaje, debido a que las bacterias de éste género habitan comúnmente los suelos y no el follaje (Olsen y Baker, 1967).

Así también los resultados de ésta investigación concuerdan con trabajos realizados por Maldonado *et.al* (2008) en calabacita (*Cucurbita pepo L. var. Zucchini grey*), donde demostraron que, con la aplicación de *Bacillus subtilis* (del producto comercial Biologic® a dosis de 5 mL/litro de agua) al suelo y al follaje, y ácido acetil salicílico (1 g/litro de agua) al follaje, genera un incremento significativo en el tamaño y peso de biomasa fresca de las plantas de calabacita comparadas con el testigo (14.3 g sin producto), los mejores resultados fueron *B. subtilis*, aplicado al suelo (21.4 g), y ácido acetil salicílico aplicado al follaje (21.3 g), además de que la aplicación de *B. subtilis* al suelo o al follaje resultaron negativas a *Cucumber mosaic virus* (CMV, virus mosaico del pepino), en la prueba de DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich) que se utiliza para la identificación de virus fitopatógenos. De igual manera los resultados del análisis de varianza para la concentración viral, con las aplicaciones de *Bacillus subtilis* aplicado al suelo, ácido acetil salicílico aplicado al follaje y testigo, mostró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), concordando con los resultados de ésta tesis al encontrar diferencia significativa entre los grupos (anexo 2).

Dentro de la agricultura, nos enfrentamos a riesgos sanitarios (plagas, epidemias), por lo cual el desarrollo sustentable se enfoca al cuidado y/o mejora sobre las condiciones del medio ambiente y al incremento de la producción, con la finalidad de que ésta se sostenga y logre mantener satisfechas las necesidades actuales y futuras del mundo, mejorando con esto el ingreso

económico de las personas del sector primario y desde luego la salud tanto de los productores como de los consumidores, contradictorio a lo que ocurre con el uso de plaguicidas de uso común, alcanzando el desarrollo sostenido bajo un sistema agrícola convencional, que puede incrementarse con el tiempo (Vallad y Goodman, 2004). Dentro del experimento se logró la obtención de frutos de buena calidad, sugiriendo por lo tanto que los inductores de resistencia son una alternativa para el manejo de enfermedades en las plantas, disminuyendo el uso de pesticidas químicos que dañan el ambiente.

## 9. CONCLUSIONES

La utilización en conjunto de inductores de resistencia, tanto de la resistencia sistema adquirida por parte del ácido salicílico aplicado al follaje como de la resistencia sistémica inducida por parte de *Bacillus subtilis* aplicado a la raíz, reduce la severidad de *Alternaria solani*, en el cultivo de jitomate, al mismo tiempo que se da un incremento significativo expresadas en calidad del fruto y en rendimiento del cultivo.

Aunque el número de aplicaciones con los inductores de resistencia es mayor (12 aplicaciones) comparando con la aplicación mayor del químico (8 aplicaciones con manzate), tenemos una diferencia significativa de \$11,000.00 pesos mexicanos (\$550 dólar estadounidense) por ciclo del cultivo con la utilización de inductores. Beneficiando así a los productores, que muchas veces por el gasto generado por los agroquímicos prefieren migrar, abandonando sus tierras y devaluando con esto la importancia de nuestro sector primario, al mismo tiempo se disminuye la contaminación del aire, del suelo y del agua que han sido alterados por la utilización de fungicidas y/o pesticidas.

Los inductores de resistencia son una alternativa para el manejo de enfermedades en las plantas, reduciendo así el uso de agroquímicos y evitando que las enfermedades se vuelvan resistentes a éstos productos, además de cuidar la salud de los productores que con el uso de agroquímicos están propensos a intoxicaciones o a enfermedades.

## **10. RECOMENDACIONES**

Para lograr mejores resultados utilizando los inductores de resistencia se sugiere utilizar coberturas más protegidas como es el uso de los invernaderos, o en caso de utilizar pabellones asegurarse de cerrar bien las mallas, no dejando espacio entre éstas para evitar que plagas o enfermedades penetren con facilidad.

Para evitar encharcamientos y con esto la presencia de enfermedades se sugiere hacer siembras del cultivo de jitomate en la temporada primavera-verano, en caso de utilizar inductores de resistencia.

## 11. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. 1991. Fitopatología. Trad. Por Manuel Guzmán. Edic. 2ª. México. D.F. Edit. Limusa. 785 pp. P 127-133.
- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5ta ed. Elsevier Academic Press, Estados Unidos de América. 922 p.
- Avilés, Y. 2008. Efectos de diferentes productos bioactivos sobre algunos indicadores agro productivos en el cultivo de tomate, var. Amalia, en condiciones semicontroladas. Trabajo de diploma, Universidad de Granma, 38 pp.
- Benhaumou, N., y Nicole M. 1999. Cell biology of plant immunization against microbial infection: The potential of induced resistance in controlling plant diseases. Plant Physiol. Biochem. 37:703-719.
- Castellanos J.Z. y Muñoz R. J.J. 2004. Manual de Producción Hortícola en Invernadero, Curso Internacional de producción de hortalizas bajo invernadero. México.
- Castilla *et al.*, 1995. Tesis de producción de abonos orgánicos. Fitotecnia universidad Autónoma Chapingo.
- Chuquisengo, 2011. Guía de Gestión de Riesgos de Desastres. Aplicación Práctica. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; BID; Soluciones Prácticas. Lima, Perú.
- Compant S, Duffy B, Nowak J, Clément C, Barka EA. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology 71:4951-4959.

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua Servicio Meteorológico Nacional), 2015. ["http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=174:chiapas&catid=14:normales-por-estacion"](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=174:chiapas&catid=14:normales-por-estacion)
- Custers, J H. H. V. 2007. General introduction: engineering disease resistance in plants. En: Engineering disease resistance in plants: 145-156.
- Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Kumar, M. y Banerjee S. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions. Australian Journal of Crop Science. 5(5):531-536.
- Dodson J., Gabor B., Himmel P., Kao J., Stravato V., Watterson J., Wiebe W.(1997). *Enfermedades del Tomate*. Hong Kong: Petoseed.
- Durrant, W. E., and Dong, X. 2004. Systemic Acquired Resistance. Annual Review Phytopathology 42: 185-209.
- FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION), 2013. ["http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E"](http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E)
- Gaber, B. y W. Wiebe. 1997. Enfermedades del tomate. Guía Práctica para Agricultores. Peto Seed Company. 61 P.
- Gómez, F. (2012). *Estimación del Efecto inhibitorio de Alternaria solani y Aspergillus flavus con Cinco Extractos vegetales*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Gómez, R., Hernández, L., Cossio, L., López J., y Sánchez R. (2011). Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado de Nayarit, México: *Folleto Técnico No.19- ISBN: 978-607-425-720-5 SAGARPA/INIFAP/SEDER*.

- Gonzáles, M.A. (2012). *Bacillus subtilis como promotora del rendimiento y calidad de fresa*. Tesis de maestría no publicada, Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, Michoacán, México.
- Gutiérrez-Coronado, M.; C. Trejo-López y A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36:563-565.
- Guzmán, M. y A. Sánchez. 2000. *Sistemas de Explotación y Tecnología de Producción*. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S.C.
- Hernández M. 2008. *Biocontrol de Rhizoctonia solani y Fusarium oxysporum con microencapsulados de Bacillus subtilis y su efecto en el crecimiento y rendimiento de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)* Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2008. <http://www.inegi.org.mx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2015. <http://www.inegi.org.mx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2016. <http://www.inegi.org.mx>
- INIFAP (s.f.). Guía para la asistencia Técnica Agrícola de Nayarit. <http://cesix.inifap.gob.mx/guias/JITOMATE.pdf>
- Ji, P. H. L. Campbell, J. W. Kloepper, J. B. Jones, T. V. Suslow y M. Wilson. 2006. Integrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under field conditions using biological control agents and plant growth promoting rhizobacteria. *Biological Control*, 36: 358-367.
- Jones, J. B. 2001. *Plagas y enfermedades del tomate*. Mundi-Prensa Libros, España. 74p.
- Kloepper JW, Ryu CM, Zhang S. 2004. “Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp”. *Phytopathology* 94:1259-1266.
- Koneman.E.W 2001.*Diagnostico microbiológico: Texto y atlas de color*. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.

- Larqué, A., R. Martín, A. Nexticapan, S. Vergara y M. Gutiérrez (2010). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Revista Chapingo Serie Horticultura 16 (3): 183-187.
- Maldonado, E., Ochoa, D y Tlapal, B. (2008). Efecto del ácido acetil salicílico y *Bacillus subtilis* en la infección causada por *Cucumber mosaic virus* en calabacita. *Rev. Chapingo. Ser. Hortic .14* (1).
- Martin, C. and H. Torres. 1989. Control of Rhizoctonia and other soil-borne diseases of TPS. Pages 191-205 in: Fungal Diseases of the Potato. Report of Planning Conference on Fungal Diseases of the Potato. Held at CIP, Lima, Peru. September 21-25, 1987.
- Martin, H., J. Thomas, and D. Persley. 2010. Tomato. P. 245-274. In Persley et al (ed.) Diseases of vegetable crops in Australia. CSIRO Publishing.
- Matos, J. Efectos de la aplicación de bajas concentraciones de Ácido Salicílico a semillas de tomate (*lycopersicom esculentum* Mill. variedad Vyta) sobre algunos indicadores fisiológicos y agroquímicos. Tesis de diploma, Universidad de Granma. 35p.2004.
- May J.A. (2005). *Efecto del ácido salicílico en la producción de chile habanero (Capsicum chinense Jacq) en invernadero*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. De México.
- Mendoza F.D y Tórrez A.P. (2005). *Evaluación de cinco fungicidas para el manejo de enfermedades foliares y su rentabilidad en el cultivo de tomate (Lycopersicom esculentum MILL). C.V. BUTTE. Sébaco, Matagalpa, Nicaragua*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Mex, R.M., S. Vergara, A. Nexticapán y A. Larqué (2010). Bajas concentraciones de ácido salicílico incrementan el número de flores en *Petunia hibrida*. *Agrociencia* 441:773-778.

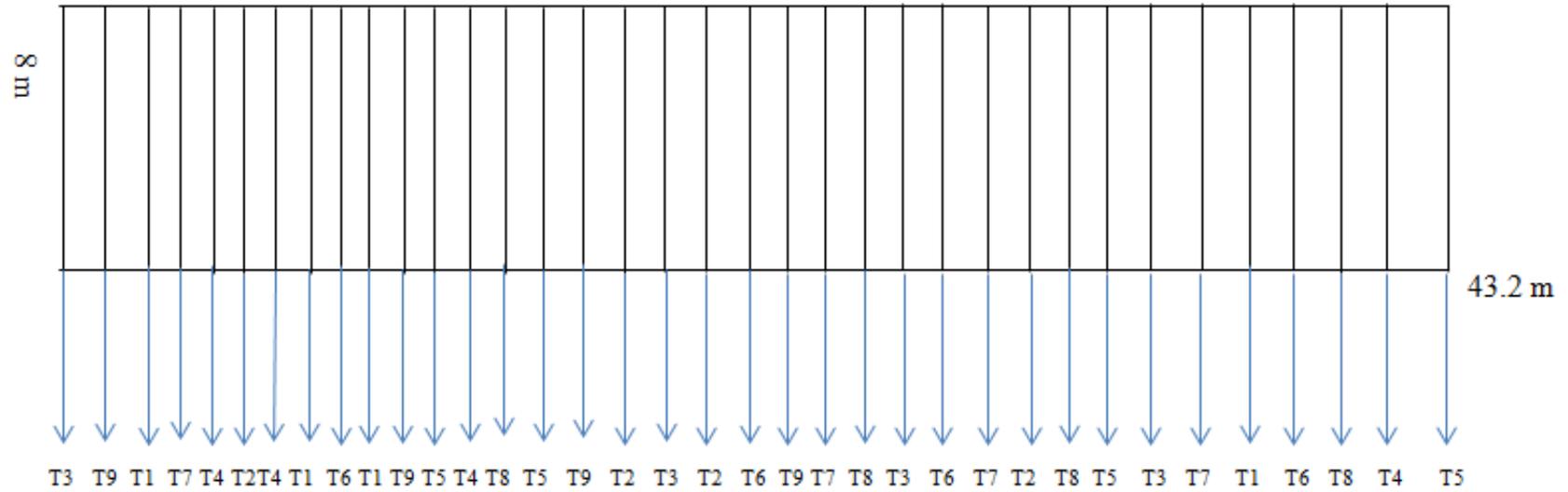
- Momol, T. and K. Pernezny. 2006. Florida Plant Disease Management Guide: Tomato. Publication PDMG-V3-53. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Munasinghe, M. 1993. Environmental Economics and Sustainable Development. Environmental. World Bank. Washington DC.
- Niu, D.D., Liu, H.X., Jiang, C.H., Wang, Y. P., Wang, Q.Y., Jin, H.L., and Guo, J.H.(2011), “The plant Growth-promoting Rhizobacterium *Bacillus cereus* AR156 Induces Systemic Resistance in *Arabidopsis thaliana* by Simultaneously Activating Salicylate and Jasmonate/ethylene-dependent Signaling Pathways”, *Molecular Plant-Microbe Interactions* 24:533-542.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. España: Ediciones Mundi prensa, 793 p.
- Nuez, F. 2001. El Cultivo del Tomate. Ediciones Mundi prensa 1<sup>a</sup> reimpresión. Barcelona España. 793 p.
- OLSEN, C. M.; BAKER, K. F. 1967. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 58: 79–87.
- Ongena M, Jourdan E, Adam A, Paquot M, Brans A, Joris B, Arpigny JL, Thornart T. 2007. “Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants”. *Environmental Microbiology* 9:1084–1090.
- Pérez y Hurtado, 2001. Guía técnica del cultivo del jitomate, centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA), San Salvador, El Salvador.
- Pieterse CMJ, van Wees SCM, van Pelt JA, Knoester M, Laan R, Gerriets H, Weisbeek PJ, van Loon LC. 1998. “A novel -58-hizobact pathway controlling induced systemic resistance in *Arabidopsis*”. *Plant Cell* 10:1571–1580.

- Ramírez, V.J. y Sáinz, R. R. 2006. Manejo integrado de las enfermedades del tomate. 1ra. Ed. Once Ríos. México. p.p. 19-160.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43: 439-463.
- Raupach, G.S. y Kloepper, J.W. 2000. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth-promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation. *Plant Disease.* 84: 1073-1075.
- Rodríguez A., 2004. Centro de Investigación de hidroponia, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Rudrappa T, Biedrzycki ML, Kunjeti SG, Donofrio NM, Czymmek KJ, Paré PW, Bais HP. 2010. “The rhizobacterial elicitor acetoin induces systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*”. *Communicative & Integrative Biology* 3:130-138.
- Ryu CM, Farag MA, Hu CH, Reddy MS, Wei HX, Paré PW, Kloepper JW. 2003. “Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*”. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100:4927-4932
- Ryu CM, Murphy JF, Mysore KS, Kloepper JW. 2004. “Plant growth-promoting rhizobacteria systemically protect *Arabidopsis thaliana* against Cucumber mosaic virus by a salicylic acid and NPR1-independent and jasmonic acid-dependent signaling pathway”. *Plant Journal* 39:381-392.
- Salgado, M.L. (2012). *Inductores de Resistencia a TuMv en Arabidopsis thaliana*. Tesis de doctorado no publicada, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México.

- Sánchez E.; Barrera R.; Muños E.; Ojeda D. L. y Anchondo A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre la biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Rev. Chapingo serie Horticultura*. 17 (1):63-68.
- Sánchez F. y Contreras E., 2000. El cultivo hidropónico de Jitomate bajo invernadero, Chapingo, México.
- Sandoval, B. C. 2004. MANUAL TÉCNICO. Manejo integrado de Enfermedades en cultivos hidropónicos. Manual técnico. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Talca, jitomate.
- Santoyo G, Orozco-Mosqueda M., Govindappa M. 2012. “Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review”. *Biocontrol Science and Technology* 22:8, 855-872.
- Schettel, N., y Balke N. 1983. Plant growth response to several allelopathic chemicals. *Weed Sci.* 31:293–298.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2014.   
“<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>”
- SINTOX. 2014. Orientación de casos por intoxicación en México. Servicio de información toxicología. México.
- Siviero, P., A. Trifiro, L. Sandei y M. Franceschini. 1996. Il carattere “viscosita” in alcune linee di pomodoro. *L'Informatore Agrario* 52 (3):37-39.
- The PLANTS Database (version 5.1.1); (National Plant Data Center, NRCS, USDA. Baton Rouge, La 70874-4490 USA. “<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SOLY2>”

- Tlatilpa M.I. (2010). *Estrategias de manejo de Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis en jitomate*. Tesis de maestría no publicada, Colegio de postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Vallad, G.E.; Goodman, R. M. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science* 44: 1920-1934.
- Van Loon, L., Bakker P., y Pieterse, C. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 36: 453-483.
- Walker, J. C. 1959. *Enfermedades de hortalizas*. Trad. Por Antonio Arnal Verderal. Barcelona, España edit. Salvat. 622p. p23, 561-565.
- Wildermuth, C. M., Dewdney, J., Wu, G., y Ausubel, M. F. 2001. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defence. *Nature* 414: 562-566.
- Wyenandt, A., W. Kline, y A. J. Both. 2006. Important diseases of tomatoes grown in high tunnels and greenhouses in New Jersey. Publication Number FS358. Rutgers NJAES Cooperative Extension, The State University of New Jersey.
- Zárate B.H. (2007). *Producción de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero*. Tesis de maestría no publicada, Instituto Politécnico Nacional, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

## 12. ANEXOS



Anexo 1. Parcela con los tratamientos distribuidos en cada surco al azar.

Anexo 2. Informe con grosor, daño, frutos y altura para los nueve tratamientos

Tratamiento		Grosor	Daño	Frutos	Altura
1.0 T	Media	.885	5.500	3.000	56.500
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1309	.5130	1.2140	5.1555
2.0 B.R	Media	1.060	3.050	35.100	69.350
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1429	1.3563	3.5229	5.5939
3.0 B.F	Media	1.010	3.400	28.750	66.300
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1334	.8826	4.7337	6.6420
4.0 A.R	Media	1.050	3.800	18.600	66.050
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1147	.9515	1.1425	3.8997
5.0 A.F	Media	.920	4.050	20.350	58.800
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1152	1.3563	2.1343	2.2384
6.0 B.A.R	Media	.990	3.700	38.150	65.650
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1553	.9234	5.7333	6.4586
7.0 B.A.F	Media	1.030	3.250	26.000	63.050
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1174	1.0699	6.5775	5.2863
8.0 B.A.R. F	Media	1.120	2.750	55.000	70.100
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1361	.7864	4.9097	7.1074
9.0 Q	Media	.995	1.200	47.850	74.150
	N	20	20	20	20
	Desviación estándar	.1317	.4104	6.4911	5.4799
Total	Media	1.007	3.411	30.311	65.550
	N	180	180	180	180
	Desviación estándar	.1452	1.4369	15.6074	7.4925

Anexo 3. Descriptivos para las variables grosor, altura, frutos y daño para cada tratamiento.

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
						Límite inferior	Límite superior			
Grosor	1.0 T	20	.885	.1309	.0293	.824	.946	.7	1.0	
	2.0 B.R	20	1.060	.1429	.0320	.993	1.127	.9	1.4	
	3.0 B.F	20	1.010	.1334	.0298	.948	1.072	.8	1.2	
	4.0 A.R	20	1.050	.1147	.0256	.996	1.104	.9	1.3	
	5.0 A.F	20	.920	.1152	.0258	.866	.974	.7	1.2	
	6.0 B.A.R	20	.990	.1553	.0347	.917	1.063	.7	1.3	
	7.0 B.A.F	20	1.030	.1174	.0263	.975	1.085	.8	1.2	
	8.0 B.A.R .F	20	1.120	.1361	.0304	1.056	1.184	.9	1.3	
	9.0 Q	20	.995	.1317	.0294	.933	1.057	.8	1.2	
	Total	180	1.007	.1452	.0108	.985	1.028	.7	1.4	
	Altura	1.0 T	20	56.500	5.1555	1.1528	54.087	58.913	45.0	65.0
		2.0 B.R	20	69.350	5.5939	1.2508	66.732	71.968	58.0	78.0
		3.0 B.F	20	66.300	6.6420	1.4852	63.191	69.409	59.0	83.0
4.0 A.R		20	66.050	3.8997	.8720	64.225	67.875	60.0	73.0	
5.0 A.F		20	58.800	2.2384	.5005	57.752	59.848	55.0	65.0	
6.0 B.A.R		20	65.650	6.4586	1.4442	62.627	68.673	56.0	81.0	

	7.0 B.A.F	20	63.050	5.2863	1.1820	60.576	65.524	58.0	83.0
	8.0 B.A.R .F	20	70.100	7.1074	1.5893	66.774	73.426	60.0	81.0
	9.0 Q	20	74.150	5.4799	1.2253	71.585	76.715	65.0	84.0
	Total	180	65.550	7.4925	.5585	64.448	66.652	45.0	84.0
Frutos	1.0 T	20	3.000	1.2140	.2714	2.432	3.568	.0	5.0
	2.0 B.R	20	35.100	3.5229	.7877	33.451	36.749	30.0	42.0
	3.0 B.F	20	28.750	4.7337	1.0585	26.535	30.965	22.0	40.0
	4.0 A.R	20	18.600	1.1425	.2555	18.065	19.135	17.0	21.0
	5.0 A.F	20	20.350	2.1343	.4772	19.351	21.349	17.0	25.0
	6.0 B.A.R	20	38.150	5.7333	1.2820	35.467	40.833	30.0	51.0
	7.0 B.A.F	20	26.000	6.5775	1.4708	22.922	29.078	18.0	40.0
	8.0 B.A.R .F	20	55.000	4.9097	1.0978	52.702	57.298	40.0	61.0
	9.0	20	47.850	6.4911	1.4515	44.812	50.888	35.0	64.0
	Total	180	30.311	15.6074	1.1633	28.016	32.607	.0	64.0
Daño	1.0 T	20	5.500	.5130	.1147	5.260	5.740	5.0	6.0
	2.0 B.R	20	3.050	1.3563	.3033	2.415	3.685	1.0	6.0
	3.0 B.F	20	3.400	.8826	.1974	2.987	3.813	2.0	5.0
	4.0 A.R	20	3.800	.9515	.2128	3.355	4.245	2.0	5.0
	5.0 A.F	20	4.050	1.3563	.3033	3.415	4.685	2.0	6.0
	6.0 B.A.R	20	3.700	.9234	.2065	3.268	4.132	2.0	5.0
	7.0 B.A.F	20	3.250	1.0699	.2392	2.749	3.751	2.0	5.0

8.0								
B.A.R	20	2.750	.7864	.1758	2.382	3.118	2.0	5.0
.F								
9.0 Q	20	1.200	.4104	.0918	1.008	1.392	1.0	2.0
Total	180	3.411	1.4369	.1071	3.200	3.622	1.0	6.0

#### Anexo 4.Comparaciones múltiples entre los tratamientos

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Grosor	1.0	2.0	-.1750*	.0416	.001	-.306	-.044
		3.0	-.1250	.0416	.073	-.256	.006
		4.0	-.1650*	.0416	.003	-.296	-.034
		5.0	-.0350	.0416	.995	-.166	.096
		6.0	-.1050	.0416	.227	-.236	.026
		7.0	-.1450*	.0416	.018	-.276	-.014
		8.0	-.2350*	.0416	.000	-.366	-.104
		9.0	-.1100	.0416	.176	-.241	.021
	2.0	1.0	.1750*	.0416	.001	.044	.306
		3.0	.0500	.0416	.955	-.081	.181
		4.0	.0100	.0416	1.000	-.121	.141
		5.0	.1400*	.0416	.026	.009	.271
		6.0	.0700	.0416	.756	-.061	.201
		7.0	.0300	.0416	.998	-.101	.161
		8.0	-.0600	.0416	.879	-.191	.071
		9.0	.0650	.0416	.823	-.066	.196
	3.0	1.0	.1250	.0416	.073	-.006	.256
		2.0	-.0500	.0416	.955	-.181	.081
		4.0	-.0400	.0416	.989	-.171	.091
		5.0	.0900	.0416	.433	-.041	.221
		6.0	.0200	.0416	1.000	-.111	.151
		7.0	-.0200	.0416	1.000	-.151	.111
		8.0	-.1100	.0416	.176	-.241	.021

	9.0	.0150	.0416	1.000	-.116	.146
4.0	1.0	.1650 <sup>+</sup>	.0416	.003	.034	.296
	2.0	-.0100	.0416	1.000	-.141	.121
	3.0	.0400	.0416	.989	-.091	.171
	5.0	.1300	.0416	.052	-.001	.261
	6.0	.0600	.0416	.879	-.071	.191
	7.0	.0200	.0416	1.000	-.111	.151
	8.0	-.0700	.0416	.756	-.201	.061
	9.0	.0550	.0416	.923	-.076	.186
5.0	1.0	.0350	.0416	.995	-.096	.166
	2.0	-.1400 <sup>+</sup>	.0416	.026	-.271	-.009
	3.0	-.0900	.0416	.433	-.221	.041
	4.0	-.1300	.0416	.052	-.261	.001
	6.0	-.0700	.0416	.756	-.201	.061
	7.0	-.1100	.0416	.176	-.241	.021
	8.0	-.2000 <sup>+</sup>	.0416	.000	-.331	-.069
	9.0	-.0750	.0416	.679	-.206	.056
6.0	1.0	.1050	.0416	.227	-.026	.236
	2.0	-.0700	.0416	.756	-.201	.061
	3.0	-.0200	.0416	1.000	-.151	.111
	4.0	-.0600	.0416	.879	-.191	.071
	5.0	.0700	.0416	.756	-.061	.201
	7.0	-.0400	.0416	.989	-.171	.091
	8.0	-.1300	.0416	.052	-.261	.001
	9.0	-.0050	.0416	1.000	-.136	.126
7.0	1.0	.1450 <sup>+</sup>	.0416	.018	.014	.276
	2.0	-.0300	.0416	.998	-.161	.101
	3.0	.0200	.0416	1.000	-.111	.151
	4.0	-.0200	.0416	1.000	-.151	.111
	5.0	.1100	.0416	.176	-.021	.241
	6.0	.0400	.0416	.989	-.091	.171
	8.0	-.0900	.0416	.433	-.221	.041
	9.0	.0350	.0416	.995	-.096	.166
8.0	1.0	.2350 <sup>+</sup>	.0416	.000	.104	.366
	2.0	.0600	.0416	.879	-.071	.191
	3.0	.1100	.0416	.176	-.021	.241

		4.0	.0700	.0416	.756	-.061	.201
		5.0	.2000*	.0416	.000	.069	.331
		6.0	.1300	.0416	.052	-.001	.261
		7.0	.0900	.0416	.433	-.041	.221
		9.0	.1250	.0416	.073	-.006	.256
	9.0	1.0	.1100	.0416	.176	-.021	.241
		2.0	-.0650	.0416	.823	-.196	.066
		3.0	-.0150	.0416	1.000	-.146	.116
		4.0	-.0550	.0416	.923	-.186	.076
		5.0	.0750	.0416	.679	-.056	.206
		6.0	.0050	.0416	1.000	-.126	.136
		7.0	-.0350	.0416	.995	-.166	.096
		8.0	-.1250	.0416	.073	-.256	.006
Altura	1.0	2.0	-12.8500*	1.7398	.000	-18.316	-7.384
		3.0	-9.8000*	1.7398	.000	-15.266	-4.334
		4.0	-9.5500*	1.7398	.000	-15.016	-4.084
		5.0	-2.3000	1.7398	.923	-7.766	3.166
		6.0	-9.1500*	1.7398	.000	-14.616	-3.684
		7.0	-6.5500*	1.7398	.007	-12.016	-1.084
		8.0	-13.6000*	1.7398	.000	-19.066	-8.134
		9.0	-17.6500*	1.7398	.000	-23.116	-12.184
	2.0	1.0	12.8500*	1.7398	.000	7.384	18.316
		3.0	3.0500	1.7398	.713	-2.416	8.516
		4.0	3.3000	1.7398	.617	-2.166	8.766
		5.0	10.5500*	1.7398	.000	5.084	16.016
		6.0	3.7000	1.7398	.459	-1.766	9.166
		7.0	6.3000*	1.7398	.011	.834	11.766
		8.0	-.7500	1.7398	1.000	-6.216	4.716
		9.0	-4.8000	1.7398	.136	-10.266	.666
	3.0	1.0	9.8000*	1.7398	.000	4.334	15.266
		2.0	-3.0500	1.7398	.713	-8.516	2.416
		4.0	.2500	1.7398	1.000	-5.216	5.716
		5.0	7.5000*	1.7398	.001	2.034	12.966
		6.0	.6500	1.7398	1.000	-4.816	6.116
		7.0	3.2500	1.7398	.637	-2.216	8.716
		8.0	-3.8000	1.7398	.421	-9.266	1.666
		9.0	-7.8500*	1.7398	.000	-13.316	-2.384

4.0	1.0	9.5500*	1.7398	.000	4.084	15.016
	2.0	-3.3000	1.7398	.617	-8.766	2.166
	3.0	-.2500	1.7398	1.000	-5.716	5.216
	5.0	7.2500*	1.7398	.002	1.784	12.716
	6.0	.4000	1.7398	1.000	-5.066	5.866
	7.0	3.0000	1.7398	.731	-2.466	8.466
	8.0	-4.0500	1.7398	.331	-9.516	1.416
	9.0	-8.1000*	1.7398	.000	-13.566	-2.634
	5.0	1.0	2.3000	1.7398	.923	-3.166
2.0		-10.5500*	1.7398	.000	-16.016	-5.084
3.0		-7.5000*	1.7398	.001	-12.966	-2.034
4.0		-7.2500*	1.7398	.002	-12.716	-1.784
6.0		-6.8500*	1.7398	.004	-12.316	-1.384
7.0		-4.2500	1.7398	.268	-9.716	1.216
8.0		-11.3000*	1.7398	.000	-16.766	-5.834
9.0		-15.3500*	1.7398	.000	-20.816	-9.884
6.0		1.0	9.1500*	1.7398	.000	3.684
	2.0	-3.7000	1.7398	.459	-9.166	1.766
	3.0	-.6500	1.7398	1.000	-6.116	4.816
	4.0	-.4000	1.7398	1.000	-5.866	5.066
	5.0	6.8500*	1.7398	.004	1.384	12.316
	7.0	2.6000	1.7398	.857	-2.866	8.066
	8.0	-4.4500	1.7398	.213	-9.916	1.016
	9.0	-8.5000*	1.7398	.000	-13.966	-3.034
	7.0	1.0	6.5500*	1.7398	.007	1.084
2.0		-6.3000*	1.7398	.011	-11.766	-.834
3.0		-3.2500	1.7398	.637	-8.716	2.216
4.0		-3.0000	1.7398	.731	-8.466	2.466
5.0		4.2500	1.7398	.268	-1.216	9.716
6.0		-2.6000	1.7398	.857	-8.066	2.866
8.0		-7.0500*	1.7398	.002	-12.516	-1.584
9.0		-11.1000*	1.7398	.000	-16.566	-5.634
8.0		1.0	13.6000*	1.7398	.000	8.134
	2.0	.7500	1.7398	1.000	-4.716	6.216
	3.0	3.8000	1.7398	.421	-1.666	9.266
	4.0	4.0500	1.7398	.331	-1.416	9.516
	5.0	11.3000*	1.7398	.000	5.834	16.766
	6.0	4.4500	1.7398	.213	-1.016	9.916

		7.0	7.0500*	1.7398	.002	1.584	12.516
		9.0	-4.0500	1.7398	.331	-9.516	1.416
	9.0	1.0	17.6500*	1.7398	.000	12.184	23.116
		2.0	4.8000	1.7398	.136	-.666	10.266
		3.0	7.8500*	1.7398	.000	2.384	13.316
		4.0	8.1000*	1.7398	.000	2.634	13.566
		5.0	15.3500*	1.7398	.000	9.884	20.816
		6.0	8.5000*	1.7398	.000	3.034	13.966
		7.0	11.1000*	1.7398	.000	5.634	16.566
		8.0	4.0500	1.7398	.331	-1.416	9.516
Frutos	1.0	2.0	-32.1000*	1.4319	.000	-36.599	-27.601
		3.0	-25.7500*	1.4319	.000	-30.249	-21.251
		4.0	-15.6000*	1.4319	.000	-20.099	-11.101
		5.0	-17.3500*	1.4319	.000	-21.849	-12.851
		6.0	-35.1500*	1.4319	.000	-39.649	-30.651
		7.0	-23.0000*	1.4319	.000	-27.499	-18.501
		8.0	-52.0000*	1.4319	.000	-56.499	-47.501
		9.0	-44.8500*	1.4319	.000	-49.349	-40.351
	2.0	1.0	32.1000*	1.4319	.000	27.601	36.599
		3.0	6.3500*	1.4319	.001	1.851	10.849
		4.0	16.5000*	1.4319	.000	12.001	20.999
		5.0	14.7500*	1.4319	.000	10.251	19.249
		6.0	-3.0500	1.4319	.457	-7.549	1.449
		7.0	9.1000*	1.4319	.000	4.601	13.599
		8.0	-19.9000*	1.4319	.000	-24.399	-15.401
		9.0	-12.7500*	1.4319	.000	-17.249	-8.251
	3.0	1.0	25.7500*	1.4319	.000	21.251	30.249
		2.0	-6.3500*	1.4319	.001	-10.849	-1.851
		4.0	10.1500*	1.4319	.000	5.651	14.649
		5.0	8.4000*	1.4319	.000	3.901	12.899
		6.0	-9.4000*	1.4319	.000	-13.899	-4.901
		7.0	2.7500	1.4319	.601	-1.749	7.249
		8.0	-26.2500*	1.4319	.000	-30.749	-21.751
		9.0	-19.1000*	1.4319	.000	-23.599	-14.601
	4.0	1.0	15.6000*	1.4319	.000	11.101	20.099
		2.0	-16.5000*	1.4319	.000	-20.999	-12.001
		3.0	-10.1500*	1.4319	.000	-14.649	-5.651
		5.0	-1.7500	1.4319	.951	-6.249	2.749

	6.0	-19.5500*	1.4319	.000	-24.049	-15.051
	7.0	-7.4000*	1.4319	.000	-11.899	-2.901
	8.0	-36.4000*	1.4319	.000	-40.899	-31.901
	9.0	-29.2500*	1.4319	.000	-33.749	-24.751
5.0	1.0	17.3500*	1.4319	.000	12.851	21.849
	2.0	-14.7500*	1.4319	.000	-19.249	-10.251
	3.0	-8.4000*	1.4319	.000	-12.899	-3.901
	4.0	1.7500	1.4319	.951	-2.749	6.249
	6.0	-17.8000*	1.4319	.000	-22.299	-13.301
	7.0	-5.6500*	1.4319	.004	-10.149	-1.151
	8.0	-34.6500*	1.4319	.000	-39.149	-30.151
	9.0	-27.5000*	1.4319	.000	-31.999	-23.001
6.0	1.0	35.1500*	1.4319	.000	30.651	39.649
	2.0	3.0500	1.4319	.457	-1.449	7.549
	3.0	9.4000*	1.4319	.000	4.901	13.899
	4.0	19.5500*	1.4319	.000	15.051	24.049
	5.0	17.8000*	1.4319	.000	13.301	22.299
	7.0	12.1500*	1.4319	.000	7.651	16.649
	8.0	-16.8500*	1.4319	.000	-21.349	-12.351
	9.0	-9.7000*	1.4319	.000	-14.199	-5.201
7.0	1.0	23.0000*	1.4319	.000	18.501	27.499
	2.0	-9.1000*	1.4319	.000	-13.599	-4.601
	3.0	-2.7500	1.4319	.601	-7.249	1.749
	4.0	7.4000*	1.4319	.000	2.901	11.899
	5.0	5.6500*	1.4319	.004	1.151	10.149
	6.0	-12.1500*	1.4319	.000	-16.649	-7.651
	8.0	-29.0000*	1.4319	.000	-33.499	-24.501
	9.0	-21.8500*	1.4319	.000	-26.349	-17.351
8.0	1.0	52.0000*	1.4319	.000	47.501	56.499
	2.0	19.9000*	1.4319	.000	15.401	24.399
	3.0	26.2500*	1.4319	.000	21.751	30.749
	4.0	36.4000*	1.4319	.000	31.901	40.899
	5.0	34.6500*	1.4319	.000	30.151	39.149
	6.0	16.8500*	1.4319	.000	12.351	21.349
	7.0	29.0000*	1.4319	.000	24.501	33.499
	9.0	7.1500*	1.4319	.000	2.651	11.649
9.0	1.0	44.8500*	1.4319	.000	40.351	49.349
	2.0	12.7500*	1.4319	.000	8.251	17.249

		3.0	19.1000*	1.4319	.000	14.601	23.599
		4.0	29.2500*	1.4319	.000	24.751	33.749
		5.0	27.5000*	1.4319	.000	23.001	31.999
		6.0	9.7000*	1.4319	.000	5.201	14.199
		7.0	21.8500*	1.4319	.000	17.351	26.349
		8.0	-7.1500*	1.4319	.000	-11.649	-2.651
Daño	1.0	2.0	2.4500*	.3057	.000	1.490	3.410
		3.0	2.1000*	.3057	.000	1.140	3.060
		4.0	1.7000*	.3057	.000	.740	2.660
		5.0	1.4500*	.3057	.000	.490	2.410
		6.0	1.8000*	.3057	.000	.840	2.760
		7.0	2.2500*	.3057	.000	1.290	3.210
		8.0	2.7500*	.3057	.000	1.790	3.710
		9.0	4.3000*	.3057	.000	3.340	5.260
		2.0	1.0	-2.4500*	.3057	.000	-3.410
	3.0		-.3500	.3057	.966	-1.310	.610
	4.0		-.7500	.3057	.263	-1.710	.210
	5.0		-1.0000*	.3057	.034	-1.960	-.040
	6.0		-.6500	.3057	.459	-1.610	.310
	7.0		-.2000	.3057	.999	-1.160	.760
	8.0		.3000	.3057	.987	-.660	1.260
	9.0		1.8500*	.3057	.000	.890	2.810
	3.0		1.0	-2.1000*	.3057	.000	-3.060
		2.0	.3500	.3057	.966	-.610	1.310
		4.0	-.4000	.3057	.928	-1.360	.560
		5.0	-.6500	.3057	.459	-1.610	.310
		6.0	-.3000	.3057	.987	-1.260	.660
		7.0	.1500	.3057	1.000	-.810	1.110
		8.0	.6500	.3057	.459	-.310	1.610
		9.0	2.2000*	.3057	.000	1.240	3.160
		4.0	1.0	-1.7000*	.3057	.000	-2.660
	2.0		.7500	.3057	.263	-.210	1.710
	3.0		.4000	.3057	.928	-.560	1.360
5.0	-.2500		.3057	.996	-1.210	.710	
6.0	.1000		.3057	1.000	-.860	1.060	
7.0	.5500		.3057	.683	-.410	1.510	

	8.0	1.0500 <sup>*</sup>	.3057	.021	.090	2.010
	9.0	2.6000 <sup>*</sup>	.3057	.000	1.640	3.560
5.0	1.0	-1.4500 <sup>*</sup>	.3057	.000	-2.410	-.490
	2.0	1.0000 <sup>*</sup>	.3057	.034	.040	1.960
	3.0	.6500	.3057	.459	-.310	1.610
	4.0	.2500	.3057	.996	-.710	1.210
	6.0	.3500	.3057	.966	-.610	1.310
	7.0	.8000	.3057	.187	-.160	1.760
	8.0	1.3000 <sup>*</sup>	.3057	.001	.340	2.260
	9.0	2.8500 <sup>*</sup>	.3057	.000	1.890	3.810
6.0	1.0	-1.8000 <sup>*</sup>	.3057	.000	-2.760	-.840
	2.0	.6500	.3057	.459	-.310	1.610
	3.0	.3000	.3057	.987	-.660	1.260
	4.0	-.1000	.3057	1.000	-1.060	.860
	5.0	-.3500	.3057	.966	-1.310	.610
	7.0	.4500	.3057	.867	-.510	1.410
	8.0	.9500	.3057	.055	-.010	1.910
	9.0	2.5000 <sup>*</sup>	.3057	.000	1.540	3.460
7.0	1.0	-2.2500 <sup>*</sup>	.3057	.000	-3.210	-1.290
	2.0	.2000	.3057	.999	-.760	1.160
	3.0	-.1500	.3057	1.000	-1.110	.810
	4.0	-.5500	.3057	.683	-1.510	.410
	5.0	-.8000	.3057	.187	-1.760	.160
	6.0	-.4500	.3057	.867	-1.410	.510
	8.0	.5000	.3057	.784	-.460	1.460
	9.0	2.0500 <sup>*</sup>	.3057	.000	1.090	3.010
8.0	1.0	-2.7500 <sup>*</sup>	.3057	.000	-3.710	-1.790
	2.0	-.3000	.3057	.987	-1.260	.660
	3.0	-.6500	.3057	.459	-1.610	.310
	4.0	-1.0500 <sup>*</sup>	.3057	.021	-2.010	-.090
	5.0	-1.3000 <sup>*</sup>	.3057	.001	-2.260	-.340
	6.0	-.9500	.3057	.055	-1.910	.010
	7.0	-.5000	.3057	.784	-1.460	.460
	9.0	1.5500 <sup>*</sup>	.3057	.000	.590	2.510
9.0	1.0	-4.3000 <sup>*</sup>	.3057	.000	-5.260	-3.340
	2.0	-1.8500 <sup>*</sup>	.3057	.000	-2.810	-.890

3.0	-2.2000 *	.3057	.000	-3.160	-1.240
4.0	-2.6000 *	.3057	.000	-3.560	-1.640
5.0	-2.8500 *	.3057	.000	-3.810	-1.890
6.0	-2.5000 *	.3057	.000	-3.460	-1.540
7.0	-2.0500 *	.3057	.000	-3.010	-1.090
8.0	-1.5500 *	.3057	.000	-2.510	-.590

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

### **13. GLOSARIO**

Caliz: Parte externa foliar de color verde de una flor que consta de sépalos.

Clorosis: Decoloración blanca o amarilla que se presenta generalmente en los tejidos verdes.

Conidios: Espora micótica que nace en forma asexuada.

Espora: Estructura reproductora de los hongos y algunas bacterias.

Estoma: Poro de la superficie foliar.

Fungicidas: Control químico para los hongos.

Mosaico: Patrón de áreas claras y oscuras de la planta, típicamente en la hoja, a menudo causado por virus.

Moteado: Zonas de colores irregulares (claro y oscuro) en la planta, normalmente en las hojas.

Necrosis: Tejido que se torna café y muere.

Patógenos: Agente que produce una enfermedad.

Pecíolo: Estambre de la hoja.