

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Manejo (Bioracional) Sustentable de Marchitez por *Fusarium oxysporum* R<sub>III</sub>. En Diferentes Líneas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

**CRUZY ESTRELLA MORENO SOLANO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Manejo (Bioracional) Sustentable de Marchitez por *Fusarium oxysporum* *R*<sub>III</sub>. En  
Diferentes Líneas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

**CRUZY ESTRELLA MORENO SOLANO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

M.C. Alfredo Sánchez-López  
Asesor Principal

Dr. Alberto Flores Olivas  
Coasesor

M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos  
Coasesor

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



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios** por a verme brindado la vida además de tener a mi familia y acompañarme a lo largo de mi carrera tanto personal como profesional, y por haber puesto a las mejores personas en mi camino.

A mi **ALMA TERRA MATER** por haberme formado a lo largo de mi carrera profesional y aprender de cada uno de mis maestros además de resolver cada una de las dudas que se me presentaron, y llevarme grandes experiencias que fueron de las mejores lleno de alegrías. Y por cada una de las historias que dejaron huella en mi vida.

Al **M.C. Alfredo Sánchez López** por estar en cada paso de mi formación no solo por ser el mejor tutor si no por ser un buen maestro y de los mejores. Gracias por su gran apoyo durante mi carrera y en el proceso de este proyecto que es parte de su investigación. Además de brindarme sus sabios consejos en cada momento y admirarlo por la gran trayectoria que se ha forjado.

Al **Dr. Alberto Flores Oliva** le agradezco por todo su apoyo durante el desarrollo del proyecto también por estar atento a las necesidades que se presentaron, además de llenarme de sus conocimientos durante este proceso y proporcionarme los recursos para sacar adelante el proyecto.

Al **M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos** por su colaboración en la evaluación del proyecto y ser dedicado en sacarlo adelante hasta el final, le agradezco por estar siempre pendiente de mí y del desarrollo de este proyecto.

A la **Dra. Mónica Limón Cueva y TQL Blanquita** por formar parte de este proyecto y brindarme la ayuda durante el proceso de la cultivación del *Fusarium oxysporum*, además de sus buenos conocimientos acerca del tema. También por ser una muy buena persona que tuve la dicha de conocer.

## **DEDICATORIAS**

### **A mi Madre:**

Guadalupe Solano Gómez

Por ser lo mejor que tengo en la vida y darme tanto amor, además de brindarme su confianza, cariño y apoyo, sin escatimar esfuerzo alguno me ha convertido en una persona de provecho. Gracias por estar siempre conmigo en todo momento como tristezas, alegrías y éxitos. Pero sobre todo por el amor, los cuidados, la comprensión y la gran vida que tengo. La llevare en mi corazón y en cada paso estará conmigo, es mi mejor ejemplo a seguir.

Siempre le agradezco a dios por tener a la mejor madre.

¡Te amo!

### **A mi Padre:**

Humberto Félix Moreno Ramírez

Por ser parte de mi crecimiento como persona y enseñarme los valores de la vida, siempre le agradeceré por a ver cuidado de mí en toda mi niñez. Aunque haya momentos complicados y pasen los años usted ya tiene un lugar en mi corazón.

### **A mis Hermanos:**

A ti Humberto de Jesús Moreno Solano no solo por ser mi hermano mayor sino por ser como un padre para mí, eres mi gran ejemplo y el que me motiva para ser mejor cada día. Sé que contare contigo en cada momento que lo necesite. Gracias por no dejarme sola.

A ti Jhonatan Moreno Solano a mi hermano enojón que siempre me ha cuidado y eso te agradezco, además de estar al pendiente de mí en todo momento. Aunque fueras el que siempre me molestaras cuando éramos unos niños, pero me alegro que seas mi hermano y del que estoy muy orgullosa.

A ti Elzy Guadalupe Moreno Solano eres y serás mi gran confidente de vida, gracias por soportar mis enojos, peleas y todo lo demás. Eres la mejor y vamos a estar unidas todo el tiempo que nos falte de vida. siempre voy a recordar todo lo que pasamos en nuestra infancia ya sean los tristes o felices, pero nos dejaron una lección en la vida que nos hizo uniros más y por todo eso te quiero.

### **A mis amigos.**

Deyalem, Elizabeth, Susana, Elia Ruth y Edith Guadalupe. Son las mejores amigas y compañeras de carrera, siempre las recordare cada uno de los momentos que pasamos juntas que son de las mejores experiencias, con las risas, las pláticas y todas esas comidas tan ricas que preparábamos. Todas y cada una de ustedes tienen un lugar en mi corazón las aprecio mucho, las recordare toda la vida. Y fue un gusto a ver compartido una parte de mi vida con cada una de ustedes.

A ti José Antonio Montoya gracias por estar en esta esta etapa de mi vida, por haberme cuidado y compartir cada uno de los momentos que pasamos tanto los felices como los tristes que siempre los recordare, eres una persona increíble he inteligente y eso fue lo que más me gusto de ti. Siempre estaré cuando me necesites por todo el aprecio que te tengo, y llegaste en el momento indicado en mi vida.

A ti Joaquín Patishtan eres una de las personas que jamás pensé encontrarme has estado en todo momento, no solo eres mi mejor amigo sino también eres como un hermano más para mí, me alegro de a ver encontrado a una persona como tú.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
Justificación .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Importancia Económica .....	4
2.2. Características de las Variedades .....	4
2.2.1. VILLA NARRO® .....	4
2.2.2. SofiMely® .....	5
2.2.3. THB-SIV04.....	7
2.3. <i>Fusarium oxysporum</i> . .....	7
2.3.1. Generalidades del Hongo. ....	7
2.3.2. Forma de Reproducción. ....	8
2.3.3. Condiciones de Desarrollo.....	9
2.3.4. Síntomas de la Enfermedad.....	10
2.3.5. Modo de Acción y Desarrollo de la Enfermedad. ....	10
2.4. <i>Bacillus Subtilis</i> . ....	11
2.4.1. Generalidades del <i>Bacillus Subtilis</i> .....	11
2.4.2. Principales Mecanismos de Control Biológico del Género <i>Bacillus</i> .....	12
2.4.3. Beneficios de <i>Bacillus Subtilis</i> . ....	14
2.5. <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	14
2.5.1. Generalidades del <i>Trichoderma Harzianum</i> . ....	14

2.5.2.	Condiciones de Desarrollo.....	15
2.5.3.	Clasificación Taxonómica.....	16
2.5.4.	Mecanismos de Acción de <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	17
2.5.5.	Competencia.....	17
2.5.6.	Desactivación de las Enzimas de Patógenos y Estimulación del Crecimiento Vegetal.....	18
2.5.7.	Inducción de Resistencia.....	19
2.6.	Vigold.....	19
2.6.1	Modo de Acción.....	19
2.7.	Afimax .....	19
III.	MATERIALES Y MÉTODO .....	21
3.1.	Ubicación del Experimento .....	21
3.2.	Acondicionamiento del Área .....	21
3.3.	Materiales Utilizados para el Experimento .....	21
3.3.1.	Materiales utilizados en Laboratorio.....	21
3.3.2.	Materiales en Invernadero .....	22
3.4.	Procedimiento para la Germinación y Trasplante de las Plántulas .....	22
3.5.	Reproducción del <i>Fusarium oxysporum</i> . en Laboratorio.....	23
3.6.	Material Requerido para Inoculación .....	24
3.7.	Inoculación de las Plantas con <i>Fusarium, o.</i> .....	24
3.8.	Metodología para la Aplicación de los Inductores de Resistencia. ....	25
3.9.	Muestreo de Variables Evaluadas.....	27
3.9.1	Diámetro de Tallo .....	27
3.9.2.	Altura de Planta .....	27
3.9.3.	Inicio de Floración .....	28
3.9.4.	Hojas Funcionales.....	28
3.9.5.	Diámetro Horizontal y Vertical de la Raíz .....	28
3.9.6.	Daño de la Raíz (Severidad) .....	29
3.10.	Diseño Experimental .....	31
3.11.	Abreviaturas de las Variables:.....	31

<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
	4.1. Diámetro de Tallo Para Cada Una de las Variedades de Tomate (milímetros). .....	32
	4.2. Altura Planta Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros). .....	33
	4.3. Hojas Funcionales Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Por planta) .....	35
	4.4. Diámetro Horizontal de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros).....	35
	4.5. Diámetro Vertical de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros).....	36
	4.6. Severidad (%) Para Cada Una de las Variedades de Tomate. ....	37
	4.7. Interacción entre las Variedades y los Tratamientos Utilizados Durante el Proceso.....	39
	4.8. Correlación del Diámetro del Tallo Contra la Altura de la Planta en las Diferentes Variedades Contra Tratamientos. ....	39
	4.9. Correlación del Diámetro Horizontal contra el Diámetro Vertical en las Diferentes Variedades contra Tratamientos.....	40
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>43</b>
<b>VII.</b>	<b>APÉNDICE .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Síntomas por <i>Fusarium oxysporum</i> en la planta. ....	8
Figura 2 Forma de las esporas del <i>Fusarium, o.</i> ....	9
Figura 3 Principales Mecanismos de Control Biológico del Género <i>Bacillus.</i> .....	12
Figura 4 Ubicación del Experimento. ....	21
Figura 5 Germinación de las Plántulas. ....	23
Figura 6 Reproducción del <i>Fusarium, o.</i> en Laboratorio.....	24
Figura 7 Aplicación de los Inductores de Resistencia .....	25
Figura 8 Segunda Aplicación de los Productos Biológicos.....	26
Figura 9 Tercera Aplicación de los Productos Biológicos Vía Foliar.....	26
Figura 10 Cuadro de los Tratamientos.....	27
Figura 11 Muestreo de la Variable Diámetro de Tallo .....	27
Figura 12 Muestreo de las Variables Evaluadas.....	28
Figura 13 Evaluación del Diámetro Vertical de la Raíz .....	29
Figura 14 Evaluación del Daño en la Raíz de las Plantas.....	29
Figura 15 Evaluación del Diámetro Horizontal de la Raíz.....	30
Figura 16 Análisis de Varianza para las Diferentes Variables en Estudio (TA. Tratamiento Absoluto, TINO. Tratamiento Inoculado, TFTB. Tratamiento con <i>Fusarium, o.</i> + <i>Trichoderma Harzianum</i> + <i>Bacillus Subtilis</i> , Tratamiento con <i>Fusarium oxysporum</i> + Vigold). ....	32
Figura 17 Grafica del Diámetro de Tallo Para Cada Una de las Variedades de Tomate (milímetros).....	33
Figura 18 Grafica de la Altura de Planta Para Cada una de las Variedades de Tomate (Centímetros).....	34
Figura 19 Interacción de la Altura de la Planta entre las Variedades y los tratamientos Utilizados Durante el Proceso (por planta). ....	34
Figura 20 Grafica para el Diámetro Horizontal de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros).....	36
Figura 21 Grafica para el Diámetro Vertical de la Raíz para cada una de las Variedades de Tomate (Centímetros).....	37
Figura 22 Grafica de la Severidad (%) Para Cada Una de las Variedades de tomate .....	38
Figura 23 Interacción de la Severidad de la Raíz entre las Variedades y los Tratamientos Utilizados Durante el Proceso (por planta).....	38
Figura 24 Grafica de la Correlación del Diámetro de Tallo contra la Altura de la Planta de tres Variedades Evaluadas con cuatro Tratamientos(• TVESM03TINO, Δ THBSIV04TFV, Δ TVEVN01TFTB, ◇TVEVN01TA, ◇THBSIV04TINO, ○TVESM03TFV, □THBSIV04TFTB, □TVEVN01TINO,- THBSIV04TA, *TVESM03TA, x TVEVN01TFV, + TVESM03TFTB) .....	40
Figura 25 Grafica del Diámetro Vertical de Raíz de tres Vriedades Evaluadas con Cuatro Tratamientos (ΔTHBSIV04TFV, •TVESM03TINO, Δ THBSIV04TA, ◇TVEVN01TA, ◇THBSIV04TINO, ○TVESM03TFV, □THBSIV04TFTB, □	

TVEVN01TINO, -TVESM03TFV,*TVESM03TA, x TVEVN01TFV, + TVESM03TFTB) .....	41
Figura 26 Grafica de las Hojas Funcionales Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Por planta) .....	49
Figura 27 Interacción del Diámetro entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta).....	49
Figura 28 Interacción de las Hojas funcionales entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta).....	50
Figura 29 Interacción del Diámetro Horizontal de la raíz entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta). .....	50
Figura 30 Interacción del Diámetro vertical de la raíz entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta). .....	51

## RESUMEN

Para los productores de tomate en sus diferentes modalidades la prevención es muy importante, razón por la cual se evaluarán los efectos de algunos productos Inductores de Resistencia, que pretenden entrar al mercado con esta finalidad. El uso de estos productos compuestos por sustancias naturales que aplicados a las plantas de forma preventiva nos ayudan a reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Lo cual actúa sobre la planta impidiendo o retrasando la entrada del patógeno y limita consecutivamente su actividad en el tejido u órgano infectado. Para lo cual la presente investigación se utilizó Variedades que son resistentes al *Fusarium*, o. R<sub>I</sub> y R<sub>II</sub>. para ello se utilizaron tres Variedades los cuales fueron VILLA NARRO®, SofiMely® y el Híbrido Experimental THB-SIV04 con cuatro tratamientos que fue el Tratamiento Absoluto, Tratamiento Inoculado, Tratamiento con *Fusarium*, o. + *Trichoderma Harzianum* + *B. Subtilis*, y el Tratamiento con Vigold. Para el cual se llevó a cabo la reproducción del *Fusarium oxysporum* en el área del laboratorio de parasitología y después se desarrolló el experimento en el invernadero del mismo departamento, haciendo la inoculación del *Fusarium*, o. a una concentración de  $1 \times 10^6$  para tres de los tratamientos con unas jeringas haciendo una herida en la parte de la raíz de la planta y aplicando diversos productos biológicos en las diferentes etapas del desarrollo de las diferentes variedades. Para la interpretación de los resultados se llevó a cabo el Análisis de Varianza (ANVA) con la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, con una probabilidad de  $p \leq 0.05$  para evaluar las diferentes variedades. Con un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB, con tres repeticiones y 4 tratamientos. Las Variables Evaluadas fueron: Diámetro de Tallo, Altura de la Planta, Floración, Hojas Funcionales, Diámetro Horizontal, Diámetro vertical y Severidad. Las Variedades en cuanto a la respuesta de Severidad su comportamiento fue el siguiente, VILLA NARRO Absoluto con el 26.89%, SofiMely Inoculado con *Fusarium* o. con 34.2% y el Híbrido THB-SIV04 Inoculado con *Fusarium*, o. + Vigold con 20%.

Palabras clave: *Fusarium oxysporum* R<sub>III</sub>, *Trichoderma Harzianum*, *Bacillus Subtilis*, Vigold.

## I. INTRODUCCIÓN

En México el tomate es la segunda hortaliza más importante después del chile (*Capsicum annum L*) en México 2017, el país fue el principal exportador de esta hortaliza con una participación del 1.9%, lo que representó a diciembre del 2017 3·055,000 t, esto representa un incremento del 10.3 % con respecto al 2016. La producción de tomate está altamente concentrada en cinco entidades: Sinaloa (27.4%), Michoacán (7.2%), san Luis potosí (7.2%), baja california (7.1%) y Jalisco (5.2%). El valor de las exportaciones agropecuarias mexicanas de tomate, han registrado una participación de 15.0%, al ubicarse en 1,900 millones de dólares y 3.3 millones de toneladas en 2018 (SIAP,2019), lo que significa una importante fuente de empleos y divisas para el país. No obstante, el cultivo de tomate suele verse afectado por distintas enfermedades causado por hongos como *Fusarium oxysporum* en sus diferentes razas, bacteria y virus que han puesto en peligro el rendimiento, la cálida y la estabilidad de su producción en los últimos años en las zonas productoras de México.

El uso de Inductores de Resistencia son sustancias naturales que aplicadas a las plantas de forma preventiva que nos ayudan a reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Lo cual actúa sobre la planta impidiendo o retrasando la entrada del patógeno y limita consecutivamente su actividad en el tejido u órgano infectado.

Para los productores de tomate en sus diferentes modalidades la prevención es muy importante, razón por la cual se evaluarán los efectos de algunos productos biológicos que pretenden entrar al mercado con esta finalidad.

*Bacillus Subtilis*. Es una bacteria cosmopolita presente en numerosos hábitats y resulta ser un excelente agente de control biológico de enfermedades causadas por hongos de suelo y bacterias. Es de aplicación foliar y radicular combatiendo un amplio espectro de agentes patógenos. Tiene la particularidad de producir endosporas altamente resistentes a las altas temperaturas y cambios osmóticos pudiendo sobrevivir en suelos inhóspitos y condiciones de cultivos altamente estresantes.

*Trichoderma Harzianum* se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. Las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial. Esta distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. No obstante, se han realizado pocos estudios acerca de la sobrevivencia, establecimiento y proliferación de este antagonista en la rizósfera de la planta. (Infante *et al*, 2009)

### **Objetivo General**

Evaluar las Variedades utilizadas y observar si presenta un mayor beneficio con la interacción y aplicación los Inductores de Resistencia sobre el comportamiento del *Fusarium oxysporum*.

### **Objetivos Específicos**

1. Combatir a *Fusarium, o.* en tomate con el uso de Inductores de Resistencia.
2. Combatir a *Fusarium, o.* en tomate con el uso de microorganismos benéficos, *Trichoderma Harzianum* y *Bacillus Subtilis*.
3. Combatir a *Fusarium oxysporum F. sp. Lycopersci. R<sub>III</sub>* con el uso combinado de Indicadores de Resistencia y Microorganismos Benéficos.

### **Hipótesis**

Al menos uno de los Tratamientos contra Variedades con la aplicación de los inductores de resistencia tenga algún efecto sobre el manejo del *Fusarium oxysporum*.

### **Justificación**

La inducción de resistencia, es un método alternativo para la protección de las plantas, basado en la estimulación de los mecanismos naturales de defensa en los tejidos.

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

La Inducción de resistencia puede ser local o sistémica, la inducción de resistencia local, se refiere a los casos en los que el tratamiento inductor es aplicado en el tejido que posteriormente será atacado por un patógeno y su acción se enfoca en limitar el establecimiento y desarrollo del patógeno, así como su diseminación (Hammerschmidt y Nicholson, 1999).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia Económica

En México el tomate es la segunda hortaliza más importante después del chile (*Capsicum annum L*) en México 2017, el país fue el principal exportador de esta hortaliza con una participación del 1.9%, lo que representó a diciembre del 2017 3,055,000 t, esto representa un incremento del 10.3 % con respecto al 2016. La producción de tomate está altamente concentrada en cinco entidades: Sinaloa (27.4%), Michoacán (7.2%), san Luis potosí (7.2%), baja california (7.1%) y Jalisco (5.2%). El valor de las exportaciones agropecuarias mexicanas de tomate, han registrado una participación de 15.0%, al ubicarse en 1,900 millones de dólares y 3.3 millones de toneladas en 2018 (SIAP,2019), lo que significa una importante fuente de empleos y divisas para el país. No obstante, el cultivo de tomate suele verse afectado por distintas enfermedades causado por hongos como *Fusarium oxysporum* en sus diferentes razas, bacteria y virus que han puesto en peligro el rendimiento, la cálida y la estabilidad de su producción en los últimos años en las zonas productoras de México.

### 2.2. Características de las Variedades

#### 2.2.1. VILLA NARRO®

La nueva Variedad denominada **VILLA NARRO®** se encuentra registrada ante el SNICS en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, presenta un crecimiento de habito Semi-Indeterminado y requiere de 21 días a inicio de floración después del trasplante, con densidad de población en cielo abierto de 13,000 a 14,000 plantas por hectárea con el manejo de camas de 1.80 a 1.84 metros y entre plantas 35 a 40 centímetros, con poda a dos tallos, bajo el Sistema de Estacado Regional Modificado-Modificado y acolchado bicolor, en agricultura protegida de 15,000 a 16,000 plantas por hectárea manejadas a dos tallos con el manejo de camas de 1.84 a 1.90 metros y distancia entre plantas de 30 centímetros, en bolis de fibra de coco y/o acolchado bicolor, con fertirriego, a hilera sencilla, con la poda antes mencionada con manejo de rafia y anillos.

La Variedad presenta características de frutos Extra firmes y de Larga Vida de Anaquel con 4 frutos o más frutos por racimo, hombros no marcados con frutos comerciales Extra grandes (**3x4** y **4x4**), grandes (4x5, 5x5, 5x6) hasta en un 75% de la producción, y tamaños medianos (6x6) un 15% y chicos (6x7) un 10%, así como de 6 a 7 lóculos en un 96% en la parte interna del fruto manteniéndose que el tamaño lo conservara durante toda la etapa productiva independientemente de la fecha y modalidad de siembra sin perder la calidad de fruto por su tamaño, manteniéndose la práctica de poda a dos tallos en cielo abierto y agricultura protegida, así también manejando los niveles de nutrición y polinización durante las etapas fenológicas, en cuanto al comportamiento del rendimiento en cielo abierto y poda a dos tallos es de 90 toneladas por hectárea y para agricultura protegida bajo la modalidad de malla sombra y poda a dos tallos es de 290 toneladas por hectárea, tolerante a bajas y altas temperaturas.

En cuanto a la innovación de los atributos de calidad, en cuanto al dosel de la planta, esta variedad es muy versátil porque presenta menor distancia entre racimos, que es de 21.93 centímetros o menos.

Para la resistencia a una de las enfermedades más severas en los suelos de México (*Fusarium oxysporum*) presenta resistencia a las razas **R<sub>I</sub>** y **R<sub>II</sub>**, Ma, Mi, Mj, St. ToMV, Vd entre otras.

La Firmeza es de 3.62 kg/cm<sup>2</sup>, °Brix 3.667, contenido de Licopeno de 3.533 mg/g (Sánchez, 2017).

### **2.2.2. SofiMely®**

La nueva Variedad denominada **SofiMely®**, que se encuentra registrada oficialmente por el SNICS en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, presenta un crecimiento de habido Semi-Indeterminado, requiere de 23 días a inicio de floración después del trasplante, con una densidad de población en cielo abierto de 13,000 a 14,000 plantas por hectárea, con el manejo de camas de 1.80 a 1.84 m y distancia entre plantas de 35 a 40 cm, con poda a dos tallos, bajo el Sistema de Estacado Regional Modificado-Modificado y acolchado bicolor, con

fertirriego, en agricultura protegida de 15,000 a 16,000 plantas por hectárea, con el manejo de camas de 1.84 a 1.90 m y distancia entre plantas de 30 cm, en bolis de fibra de coco, acolchado bicolor y otros sistemas Semi-Hidropónicos con fertirriego a hilera sencilla, con poda a dos tallos y el manejo de rafia y anillos.

La Variedad antes mencionada, presenta características de frutos Extra firmes y de Larga Vida de Anaquel, hombros uniformes y medio acanalados en la parte de los mismos y del pedúnculo, con frutos comerciales Extra Grandes (**3x4** y **4x4**), grandes( 4x5, 5x5, y 5x6) hasta en un 82% de la producción, y tamaños medianos (6x6) un 10% ,chicos (6x7) un 8.0% aproximadamente y con la característica de 5 a 6 lóculos en un 98% de los frutos en la parte interna del mismo, manteniéndose la calidad durante toda la etapa productiva independientemente de la fecha y modalidad de siembra, sin perder el tamaño grande si se mantiene la práctica de poda a dos tallos en cielo abierto y agricultura protegida, así también manejando los niveles de nutrición y polinización durante las etapas fenológicas. En cuanto al comportamiento de rendimiento en cielo abierto y poda a dos tallos es de 95 a 100 toneladas por hectárea, para agricultura protegida bajo la modalidad de malla sombra y poda a dos tallos es de 310 toneladas por hectárea, tolerante a bajas y altas temperaturas.

En cuanto a la innovación de los atributos de calidad, respecto al dosel de la planta esta variedad es muy versátil porque presenta menor distancia entre racimos que es de 22.53 cm. o menos.

Para la resistencia a una enfermedad más severa en los suelos de México (*Fusarium oxysporum*) presenta resistencia a las razas **R<sub>I</sub>** y **R<sub>II</sub>**, Ma, Mi, Mj, St. ToMV, Vd entre otras.

La Firmeza es de 3.84 kg/cm<sup>2</sup>, °Brix 3.706 y Contenido de Licopeno de 4.726 mg/g (Sánchez, 2017).

### **2.2.3. THB-SIV04**

Es un Material Experimental Híbrido que está en proceso de Formación y que presenta las siguientes Características; Habito de planta Semi-Indeterminado, distancia entre inflorescencia 22 a 23 centímetros, frutos Extra firmes, Extra grandes, Grandes y Medianos, la forma del fruto es oblonga verde claro, con 6 y 7 lóculos, sin hombros marcados, de Larga Vida de Anaquel, Alto contenido de Licopeno con Resistencia a R<sub>I</sub> y R<sub>II</sub> *Fusarium* o, V, St, VMT, N, tolerante a bajas y altas temperaturas, y Color de frutos rojo intenso, actualmente todavía será sometido a dos procesos de Observación y Ensayos Rigurosos para poder proceder a su posible Registro.

## **2.3. *Fusarium oxysporum*.**

### **2.3.1. Generalidades del Hongo.**

*Fusarium* es un patógeno facultativo con alta capacidad de sobrevivir en materia orgánica y que a la vez tiene la capacidad de atacar la planta cuando esta sufre algún tipo de desbalance (Michielse y Rep 2009). Los principales mecanismos de dispersión del patógeno son los movimientos de suelo infectado, el agua de escorrentía y el uso de almácigo infectado. Este hongo tiene la capacidad de sobrevivir por largos periodos en el suelo, debido a sus estructuras de resistencia denominadas clamidosporas, lo que vuelve inefectiva la rotación de cultivos a corto plazo (Lacy, et al. 1996, Daugovish, et al., 2008). *Fusarium oxysporum* es un organismo muy amplio a nivel de especie, se han clasificado más de 120 diferentes formas especiales (formae specialis). Este término está basado en la infección que produce el patógeno en un hospedante específico. Las formas especiales a su vez se subdividen en razas, las cuales han sido descritas al basarse en la habilidad del patógeno de infectar diferentes haplotipos o variedades en una especie hospedante (Pires da Silva et al., 2014).

Se denomina como pudrición radicular y marchitez del tomate, ataca varias especies solanáceas. En plantas adultas de tomate comienza con un amarillamiento de las hojas viejas que después se extiende a todas las hojas,

después se marchitan y mueren aun adheridas al tallo. En un corte transversal se puede observar necrosis de color café rojizo en forma de anillo, la cual se extiende hacia arriba de acuerdo con la severidad. Las plantas muestran un achaparramiento, defoliación, necrosis marginal de las hojas y finalmente la planta muere. Este hongo sobrevive por largos periodos en el suelo, la diseminación se presenta por el uso de maquinaria de un campo a otro, residuos de cosechas, por el viento y agua de riego. El hongo penetra a la planta por la raíz cuando hay presencia de nematodos, heridas y estrés, así como altas temperaturas mayores de 28°C en suelos pobres en materia orgánica, temperatura del aire de 21 – 33°C y alta humedad (CEICKOR,2015).



**Figura 1 Síntomas por *Fusarium oxysporum* en la planta.**

### **2.3.2. Forma de Reproducción.**

El hongo produce tres clases de esporas:

**Microconidias:** Esporas generalmente unicelulares, sin septas, hialinas, elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas; se forman sobre fiálides laterales, cortas, simples o sobre conidióforos poco ramificados. Las microconidias tienen 5-12  $\mu\text{m}$  de largo por 2.5- 3.5  $\mu\text{m}$  de ancho.

**Macroconidias:** Esporas de paredes delgadas, fusiformes, largas, oleradamente curvadas en forma de hoz, con varias células y de 3 a 5 septas transversales, con la célula basal elongada y la célula apical atenuada; las macroconidias tiene un tamaño de 27 a 46  $\mu\text{m}$  de largo por 3.0 a 4.5  $\mu\text{m}$  de ancho.

Clamidosporas: Esporas formadas a partir de la condensación del contenido de las hifas y de las conidias, de paredes gruesas. Se forman simples o en pares, terminales o intercalares: poseen un tamaño de 5 a 15  $\mu\text{m}$  de diámetro. Gracias a ellas el hongo sobrevive en condiciones ambientales desfavorables y en el suelo como saprófito de vida libre en ausencia de plantas hospedantes (Pinto, 2012).



**Figura 2** Forma de las esporas del *Fusarium, o.*

### **2.3.3. Condiciones de Desarrollo**

La temperatura es uno de los factores ambientales de mayor influencia en el desarrollo de la enfermedad y en la expresión de los síntomas al igual que la nutrición de la planta. La temperatura óptima para el desarrollo del patógeno está entre 25 y 30°C con una temperatura mínima de 5°C y una temperatura máxima de 37°C. El punto termal de muerte en el suelo es de 57.5 a 60.0°C durante 30 minutos. La esporulación óptima ocurre entre 20 y 25°C, con 12 horas de luz y 12 de oscuridad. El pH óptimo es de 7.7 y puede desarrollarse entre 2.2 y 9.0 (Pinto, 2012).

La adición de materia orgánica parece ser un factor que predispone la planta al ataque de patógeno el hongo es bastante aeróbico y sus poblaciones se reducen con la saturación. La densidad de inóculo determina la rapidez y severidad del desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, la introducción de una sola espora puede conducir a problemas a largo plazo. Los factores externos, en particular la humedad y la temperatura, influyen sobre el desarrollo de la enfermedad y la expresión de síntomas. La temperatura define el desarrollo del patógeno en sí. La temperatura óptima del crecimiento de *Fusarium oxysporum* es de 27.5°C, pero el hongo puede desarrollarse satisfactoriamente a temperaturas entre 15 y 30°C (Pinto, 2012).

#### **2.3.4. Síntomas de la Enfermedad.**

Los primeros síntomas de la enfermedad son el amarillamiento del follaje, comenzando con la caída de las hojas. Las hojas infectadas posteriormente muestran un encrespamiento bajo, seguidamente se oscurecen y se secan. La parte superior de la planta se marchita durante el día y se recupera en la noche, pero el marchitamiento empeora hasta que la planta se marchita completamente observándose el oscurecimiento vascular en los tallos y los pecíolos infectados de las hojas grandes. Las plantas afectadas y sus sistemas de raíces se atrofian. El patógeno puede estar en el suelo como saprófito durante muchos años sin un hospedante (González *et al.*, 2012).

La infección por nematodos formadores de agallas provoca cambios fisiológicos en la raíz. Esto trae como consecuencia que variedades de tomate resistentes a *Fusarium* se vuelvan susceptibles al hongo. Además, otros factores como las altas temperaturas (por ejemplo, 27-28 °C), el tiempo seco y el suelo ácido (pH 5-5,6) favorecen el desarrollo de la enfermedad (González *et al.*, 2012).

#### **2.3.5. Modo de Acción y Desarrollo de la Enfermedad.**

El proceso de colonización de *Fusarium oxysporum* en tomate ha sido estudiado con el empleo de cepas patogénicas y no patogénicas del hongo. Las reacciones de defensa en la planta se localizaron principalmente en la hipodermis y en la corteza. Las hifas formaron una densa red hacia el ápice de la raíz, pero el contacto directo entre las hifas y las células vivas se previno por la formación de muchas capas de células desprendidas. En los pocos casos en los que se logró la penetración del patógeno, se produjo una rápida destrucción de las células apicales (González *et al.*, 2012)

De forma general, a las 24 horas posteriores a la inoculación, las hifas del hongo crecen inter e intracelularmente en la corteza, apreciándose a las 72 horas un crecimiento micelio al bastante denso en todo el tejido de la corteza de la raíz. A los seis días después de la inoculación, las células del parénquima de los haces vasculares y las células xilemáticas se hallan completamente invadidas por el micelio del hongo. Al noveno día, se puede observar una densa colonización de

todo el tejido xilemático radical, extendiéndose el micelio a través del xilema de la parte inferior del tallo. A los 15 días de inoculación, el crecimiento del hongo abarca el tejido vascular a diferentes niveles del tallo (González *et al.*, 2012).

#### **2.4. *Bacillus Subtilis*.**

Dentro de los bioplaguicidas microbianos disponibles comercialmente, *Bacillus* es el género más explotado en la biotecnología agrícola, con un 85% de los productos bacterianos, debido a su gran versatilidad metabólica que le permiten llevar a cabo el control biológico de plagas y enfermedades por diversos mecanismos. Además, este género bacteriano es capaz de producir endosporas, siendo éstas el principal ingrediente activo de los formulados, y confiriéndoles como propiedad una mayor viabilidad en el tiempo.

##### **2.4.1. Generalidades del *Bacillus Subtilis***

Es una bacteria cosmopolita presente en numerosos hábitats y resulta ser un excelente agente de control biológico de enfermedades causadas por hongos de suelo y bacterias. Es de aplicación foliar y radicular combatiendo un amplio espectro de agentes patógenos. Tiene la particularidad de producir endosporas altamente resistentes a las altas temperaturas y cambios osmóticos pudiendo sobrevivir en suelos inhóspitos y condiciones de cultivos altamente estresantes (Nieto, 2015).

Las condiciones edafoclimáticas ideales para su desarrollo se sitúan en un rango de pH 5-8 y una T de 15 a 50 °C con un óptimo de 28 a 35 °C con valores altos de humedad relativa.

*Bacillus Subtilis* es una de las bacterias más estudiadas en el mundo por su actividad anti fúngica debido a la síntesis de metabolitos peptídicos de acción antibiótica (gramicidina, surfactin, iturin, y fengycin). Su actividad antagonista se completa por su alta capacidad para colonizar la zona de la rizósfera (competencia espacial), su rápida asimilación de nutrientes y a la secreción de enzimas digestoras que degradan y matan por contacto directo a hongos y bacterias (quitinasas, celulasas, proteasas y glucanasas) los cuales les sirven de alimento. *Bacillus Subtilis* ha demostrado ser capaz de controlar *Fusarium spp*, *Pythium spp*,

*Phytophthora spp*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia spp.*, *Verticillium dahliae*, *Botrytis cinérea*, *Alternaria* y *Erwinia spp* (Nieto, 2015).

#### 2.4.2. Principales Mecanismos de Control Biológico del Género *Bacillus*

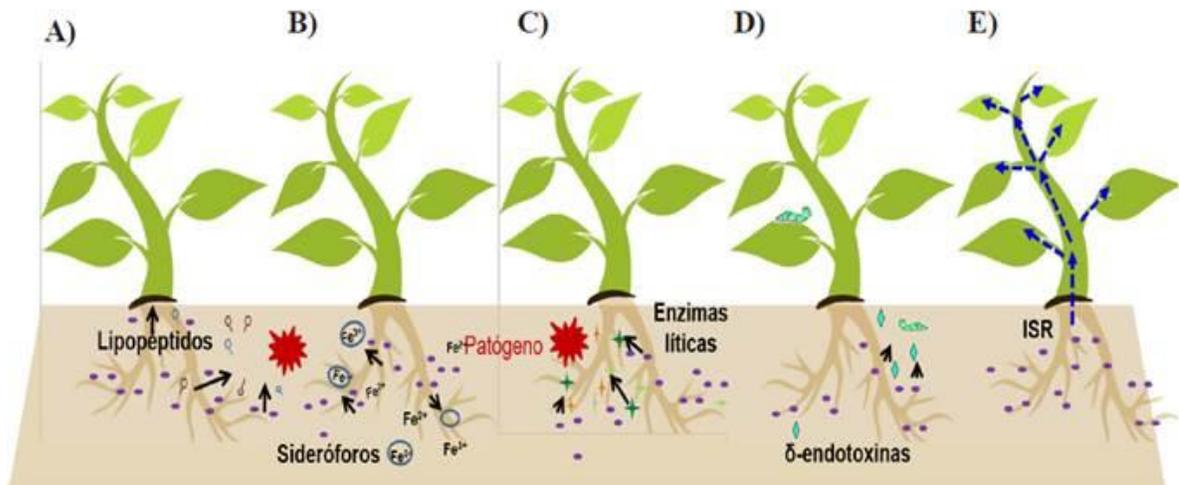


Figura 3 Principales Mecanismos de Control Biológico del Género *Bacillus*.

##### a) Producción de lipopéptidos

Una de las características más importantes del género *Bacillus* es su capacidad de producir una gran variedad de antibióticos con capacidad de inhibir el crecimiento de agentes fitopatógenos, entre éstos, los lipopéptidos cíclicos no ribosomales han sido los más estudiados.

##### b) Producción de enzimas líticas

La producción de enzimas involucradas en la degradación de la pared celular de agentes fitopatógenos es uno de los mecanismos de control biológico más reportados, especialmente contra patógenos de origen fúngico. La pared celular de hongos está conformada por glicoproteínas, polisacáridos y otros componentes que varían según la especie fúngica (Bowman y Free, 2006).

La producción de enzimas líticas como quitinasas y  $\beta$ -glucanasas excretadas por los ACB, incluyendo al género *Bacillus*, han mostrado un efecto inhibitorio contra patógenos de origen fúngico (Compant *et al.*, 2005). Estas enzimas son

responsables de la degradación de los principales polisacáridos que conforma la pared celular de hongos, mediante la hidrólisis de sus enlaces glucosídicos (Nieto, 2015).

#### c) Producción de sideróforos

El Fe es encontrado en la naturaleza mayormente en forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ) de baja solubilidad, imposibilitando su uso por algunos seres vivos (Aguado-Santacruz *et al.*, 2012). En respuesta a la restricción de hierro en el ambiente algunos microorganismos han desarrollado diversas estructuras proteicas receptoras, de bajo peso molecular y con alta afinidad por el hierro, llamadas sideróforos, facilitando la captación de  $\text{Fe}^{3+}$  (Thyagarajan *et al.*, 2017).

Así, diversas especies de género *Bacillus* han sido reportadas por su capacidad para controlar enfermedades de plantas mediante la secreción de sideróforos, limitando el crecimiento y colonización de microorganismos fitopatógenos dependientes hierro (Fgaier y Eberl, 2011).

#### d) Producción de $\delta$ -endotoxinas

Las  $\delta$ -endotoxinas, producidas particularmente por *Bacillus thuringiensis* (Bt), son cuerpos paraesporales proteicos conformados por unidades polipeptídicas de diferentes pesos moleculares, desde 27 a 140 kDa. Actualmente se han reportado 300 holotipos de toxinas Bt, clasificándose en 73 familias (Porcar y Juárez, 2004; Xu *et al.*, 2014). Las toxinas Bt son producidas durante la fase de esporulación, la proteína Cry (cristal) es conocida por sus efectos tóxicos específicos en un organismo objetivo (la mayoría pertenece al orden de los insectos), así mismo las proteínas Cyt (citolítica) han sido relacionadas con efectos tóxicos sobre una gran variedad de insectos, principalmente dípteros; sin embargo, también se ha comprobado su citotoxicidad contra células de mamíferos (Soberón y Bravo, 2007).

Las proteínas Cry se encuentran ampliamente utilizadas por su eficacia en el control biológico de insectos, cuyo mecanismo de acción inicia una vez que las proteínas Cry son procesadas proteolíticamente a través de proteasas presentes en el intestino medio del huésped, separando una sección de aminoácidos en la

región N-terminal y en el extremo C-terminal (dependiendo de la naturaleza de la proteína Cry), liberando así fragmentos activos y tóxicos que interactúan con las proteínas receptoras presentes en células intestinales. Estos fragmentos son reconocidos por receptores específicos en la membrana e insertados a través de la caderina, dando sucesión a una serie de señales para la formación de una estructura oligomérica prepore (2-3) y consecuentemente el poro lítico, por el cual se efectúa un desequilibrio osmótico, que finalmente destruye el epitelio intestinal y en consiguiente la muerte celular (Portela-Dussán *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2014).

#### e) Respuesta sistémica inducida

Durante la historia evolutiva, las plantas han desarrollado mecanismos para defenderse de la invasión de organismos patógenos (bacterias, hongos, nematodos, insectos, etc.). Dichos mecanismos se encuentran latentes y son activados por estímulos durante la interacción con agentes patógenos. En términos generales, estos mecanismos se conocen como resistencia sistémica adquirida y se caracteriza por activarse no solo en el sitio de la infección, sino de manera sistémica en otros tejidos (Pieterse *et al.*, 2014).

#### **2.4.3. Beneficios de *Bacillus Subtilis*.**

- Inhibe e invade el crecimiento de la germinación de esporas
- Provee una barrera física para que los patógenos no se establezcan sobre la superficie de los tejidos
- Actúa como bioestimulante del crecimiento radicular
- Promueve la secreción de fitohormonas
- Mejora la asimilación de agua y nutrientes
- Induce a la planta a producir fitoalexinas, proporcionándole resistencia a las plantas al ataque de hongos y bacterias
- Disminuir los efectos de hongos fitopatógenos (Guerrero, 2014).

#### **2.5. *Trichoderma Harzianum***

##### **2.5.1. Generalidades del *Trichoderma Harzianum*.**

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia

orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. Las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial. Esta distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. No obstante, se han realizado pocos estudios acerca de la sobrevivencia, establecimiento y proliferación de este antagonista en la rizósfera de la planta. (Infante *et al.*, 2009).

La mayoría de las colonias de *Trichoderma* en su inicio tienen color blanco, que se tornan a verde oscuro o amarillento, con esporulación densa. El micelio es ralo en su mayoría, y visto al microscopio es fino, los conidióforos son ramificados, parecen un árbol pequeño. Los mismos se presentan como penachos compactados que forman anillos con un sistema de ramas irregular de manera piramidal. Estos terminan en fiálides donde se forman las esporas asexuales o conidios, de gran importancia para la identificación taxonómica a nivel de especies. Los conidios aseguran las generaciones del hongo durante gran parte del período vegetativo de las plantas. Son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucanos. Además de los conidióforos, estas se pueden producir sobre fiálides que emergen directamente del micelio. (Infante *et al.*, 2009).

### **2.5.2. Condiciones de Desarrollo.**

*Trichoderma* es un hongo aeróbico, con capacidad para resistir un amplio intervalo de temperaturas, así, por ejemplo, McBeath y Adelman aislaron una cepa en suelo de Alaska, con crecimiento a 4°C y que toleró hasta 33°C.

La relación entre la temperatura y el desarrollo de *Trichoderma*, al parecer depende de la especie y del propio aislamiento. Se conoce que *T. pseudokoningii* y *Trichoderma saturnisporum* Hammill toleran de 40 a 41°C, las especies *T. koningii* y *T. hamatum*: 35°C y *T. viride* y *T. polysporum*: 31°C, mientras *T. harzianum* hasta 38°C. Para esta última, en algunos aislamientos la temperatura

óptima para el crecimiento fue de 20°C, aunque de manera general esta varía entre 25 y 30°C. Sin embargo, a 30°C, la actividad antagónica de esta especie fue casi nula. Todo lo cual constituyen evidencias de que la temperatura óptima para el crecimiento, no necesariamente coincide con la de su actividad antagónica, y que existe estrecha relación entre aislamiento, antagonismo y temperatura (Martínez, 2013).

Las especies de *Trichoderma* no son exigentes con relación al pH del sustrato. Pueden crecer en suelos con pH desde 5,5 a 8,5, aunque los valores óptimos se encuentran entre 5,5-6,5, es decir en un ambiente ligeramente ácido. El desarrollo de *Trichoderma* se activa con la presencia de humedad, con óptimo de 60% de la capacidad de retención de humedad del suelo. A porcentajes mayores de saturación, la colonización y sobrevivencia disminuyen por baja disponibilidad de oxígeno. Los aislamientos de *Trichoderma* ayudan a la descomposición de materia orgánica, además de los hongos a los cuales degrada. Se encuentran en suelos con abundante materia orgánica y por su relación con esta, es ubicado en el grupo de hongos hipogeos, lignolícolas y predadores (Martínez, 2013).

### **2.5.3. Clasificación Taxonómica.**

El género *Trichoderma* es un excelente modelo para ser estudiado debido a su fácil aislamiento y cultivo, rápido desarrollo en varios sustratos y por su condición de controlador biológico de una amplia gama de Fito patógenos. *Trichoderma* se ubica taxonómicamente según Villegas en:

Reino: Fungi.

División: Mycota

Subdivisión: Eumycota

Clase: Hyphomycetes.

Orden: Moniliales.

Familia: Moniliaceae.

Género: *Trichoderma*.

#### **2.5.4. Mecanismos de Acción de *Trichoderma Harzianum*.**

En la acción biocontroladora de *Trichoderma* se han descrito diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos dianas. Entre estos, los principales son la competencia por espacio y nutrientes, el microparasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógeno, (Lorenzo, 2010). Estos mecanismos se ven favorecidos por la habilidad de los aislamientos de *Trichoderma* para colonizar la rizósfera de las plantas. Otros autores han sugerido distintos mecanismos responsables de su actividad biocontroladora, que incluyen, además de los mencionados, la secreción de enzimas y la producción de compuestos inhibidores.

Además, se conoce que *Trichoderma* presenta otros mecanismos, cuya acción biorreguladora es de forma indirecta. Entre estos se pueden mencionar los que elicitán o inducen mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos como es la activación en la planta de compuestos relacionados con la resistencia (Inducción de Resistencia), con la detoxificación de toxinas excretadas por patógenos y la desactivación de enzimas de estos durante el proceso de infección; la solubilización de elementos nutritivos, que en su forma original no son accesibles para las plantas. Tienen la capacidad, además, de crear un ambiente favorable al desarrollo radical lo que aumenta la tolerancia de la planta al estrés. (Infante *et al.*, 2009).

#### **2.5.5. Competencia**

La competencia constituye un mecanismo de antagonismo muy importante. Un factor esencial para que exista competencia es la escasez o limitación de un requerimiento (espacio y/o nutrientes), por lo que competencia puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de ellos, reduzca la cantidad necesaria para los demás.

La presencia de *Trichoderma* en suelos agrícolas y naturales en todo el mundo es una evidencia, de que es un excelente competidor por espacio y recursos nutricionales, y de su plasticidad ecológica. La competencia por nutrientes de

Trichoderma, es principalmente por carbono, nitrato y hierro. De forma general, entre las cualidades que favorecen la competencia de este antagonista se encuentran, la alta velocidad de crecimiento que posee gran parte de sus aislamientos y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza, que frenan o eliminan a los competidores en el microambiente. Este modo de acción influye en bloquear el paso al patógeno y resulta importante para la diseminación del antagonista (Martínez, 2013).

La competencia evaluada bajo condiciones in vitro (cultivo dual), se ejerce principalmente por espacio y en ella intervienen la velocidad de crecimiento de las cepas del antagonista y factores externos como tipo de sustrato, pH y temperatura, entre otros. En cultivo dual se manifestó competencia por el espacio en un grupo de aislamientos de *Trichoderma Harzianum* frente a *Rhizoctonia solani Kühn*, potenciado por la alta velocidad de crecimiento y reconocimiento del patógeno por los mismos.

Bajo condiciones in vivo, la competencia de *Trichoderma* en la rizósfera, se relacionó con la capacidad de colonización de la raíz y el espacio adyacente. En ella influyen de forma importante factores como tipo de suelo, pH, temperatura y humedad. No obstante, la competencia en suelos o sustratos ricos en nutrientes por los que pudiera competir el patógeno, no es eficaz. Debido a esto, en aquellos suelos ricos en materia orgánica o con fertilización completa este mecanismo tiene menos valor práctico (Martínez, 2013).

#### **2.5.6. Desactivación de las Enzimas de Patógenos y Estimulación del Crecimiento Vegetal.**

La desactivación de los factores de patogenicidad de Trichoderma contra hongos fitopatógenos constituye un mecanismo de antagonismo indirecto poco estudiado. Se supo que *T. harzianum*, secreta una proteasa que degrada las enzimas que utiliza *B. cinérea* para atacar la pared celular de las plantas, mientras que *T. viride* produjo  $\alpha$ -glucosidasa para degradar una fitotoxina de *R. solani*. Es posible que el potencial enzimático de Trichoderma para detener el proceso infeccioso de los patógenos sea mucho mayor, pues este controlador biológico secreta más de 70

metabolitos, entre ellos: sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas (Martínez, 2013).

### **2.5.7. Inducción de Resistencia**

Estudios recientes a niveles celular y molecular explican la diversidad de vías y mecanismos de acción de este hongo. Según este autor, se descubrió, que algunas cepas de *Trichoderma* pueden activar un mecanismo nativo de defensa en las plantas, conocido como Inducción de Resistencia Sistémica (por sus siglas en inglés IRS). Esto supone que puedan controlar a patógenos distantes del lugar donde se encuentra físicamente el antagonista.

Diversas clases de compuestos pueden ser liberados por *Trichoderma* en la zona de la rizósfera y estar relacionados con la IRS en las plantas. La primera clase son proteínas con actividad enzimática o de otro tipo. Algunas de las proteínas secretadas por *Trichoderma* al parecer inducen solo respuestas locales y necrosis, otras activan mecanismos de defensa en plantas como los productos de los genes de virulencia. Otra clase de elicitores de defensa en las plantas incluye oligosacáridos y compuestos de bajo peso molecular, liberados por la acción de enzimas de *Trichoderma* (Martínez, 2013).

## **2.6. Vigold.**

### **2.6.1 Modo de Acción.**

es un fungicida sistémico de amplio espectro que se puede aplicar al suelo y foliar, su ingrediente activo es una estrobilurina de última generación, Fluoxastrobin. Su modo de acción sistémico y mesostémico le otorga un efecto preventivo de las enfermedades con movimiento desde la base hasta el ápice de hoja. VIGOLD® posee propiedades preventivas y de control, ya que no solo actúa sobre la germinación de la spora, sino también sobre el crecimiento del micelio, ofreciendo una protección de larga duración. (Arysta LifeScience, 2017)

### **2.7. Afimax**

Puede aplicarse a todo tipo de cultivos, es un excelente promotor del desarrollo de las plantas. Por lo que es un producto que le auxiliara en viveros y trasplante para inducir el crecimiento más rápido de las plantas. La dosis recomendable puede

variar dependiendo del cultivo, por lo cual el criterio del técnico es importante para ajustar la dosis. Puede aplicarse en fertirrigación o foliar.

Tiene efectos como fitohormonas, por lo que promueve el desarrollo y vigor de las plantas. Aplicarlo en forma preventiva antes de que las plantas estén invadidas por patógenos, es un excelente estimulador de la resistencia sistémica inducida contra hongos que atacan el sistema vascular de las plantas, como es *Fusarium spp.* Y *Verticillium spp.*

### III. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. Ubicación del Experimento

El sitio experimental se estableció en el laboratorio e invernaderos de parasitología de la universidad autónoma agraria Antonio Narro ubicado en la calzada Antonio narro, Buenavista, saltillo Coahuila a  $25^{\circ}21'08.3''N$  y  $101^{\circ}01'37.9''W$ .

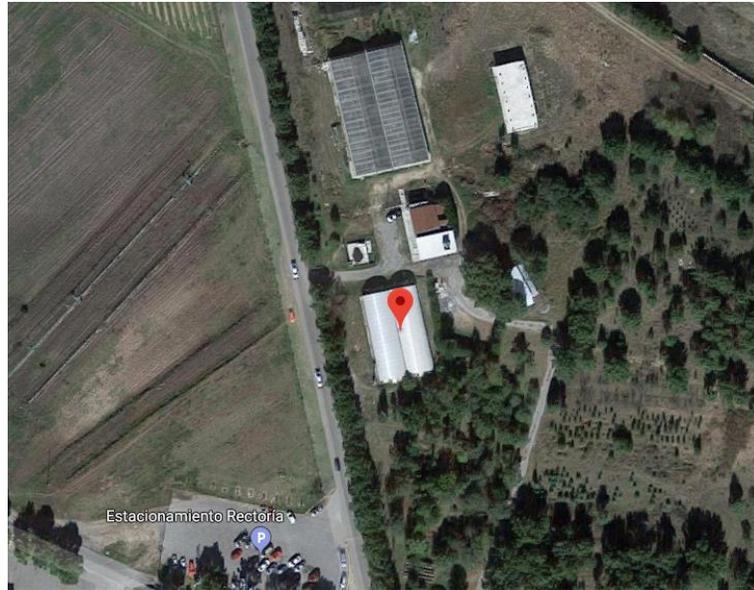


Figura 4 Ubicación del Experimento.

#### 3.2. Acondicionamiento del Área

Se contó con tres camas en el invernadero el cual se le elimino las hierbas o material seco de las camas y de toda el área a su alrededor. se removió la materia orgánica que tenía además se dejó humedecer las camas y anivelarlo, luego se instaló el sistema de riego por cintilla en dos hileras.

#### 3.3. Materiales Utilizados para el Experimento

##### 3.3.1. Materiales utilizados en Laboratorio

- Cajas Petri.
- Pinzas de disección
- Matraz
- Hoya de presión

- Mechero
- Alcohol
- Agua destilada
- Bisturí
- Microscopio óptico.

### **3.3.2. Materiales en Invernadero**

- Azadón
- Jeringas
- Probeta graduada
- Aspersor
- Flexómetro
- vernier
- cintilla
- charolas germinadoras
- rafia

### **3.4. Procedimiento para la Germinación y Trasplante de las Plántulas**

La germinación de las plantas se hizo el 19 de octubre del 2018 se utilizaron charolas germinadoras de 200 cavidades para cada uno de las variedades el cual se le agrego un sustrato de pet mos y perlita se humedeció con agua y se incorporó en la charola aplicándole una semilla por cada cavidad luego se taparon las semillas y se humedeció un poco además se le dio un riego todos los días hasta el momento del trasplante.

Cuando las plántulas tenían 59 días después de la siembra se hizo el trasplante en cual se colocaron a 20 cm entre planta a doble hilera colocando la cintilla cerca de las plantas para poder tener un mejor riego.



**Figura 5 Germinación de las Plántulas.**

### **3.5. Reproducción del *Fusarium oxysporum*. en Laboratorio**

Se colectaron muestras de tejidos (cepas) vegetales que presentaban síntomas típicos de *Fusarium oxysporum* R<sub>III</sub>. En cultivo de Tomate Indeterminado **TOP-2299**, las muestras fueron colectadas de los Invernaderos ubicados en la localidad denominada Nombre de Dios, Durango-2019.

El aislamiento, enriquecimiento y multiplicación de la muestra se realizaron en Laboratorio de Parasitología Molecular de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Se cortó una parte del tallo uniforme que estaba infectado y se le hizo un lavado con agua destilada para desinfectarla además se elaboró un medio de cultivo para la cultivar el hongo para ello se agregó agua destilada y agar a un matraz mezclándolo bien se esterilizo en una hoya exprés por 30 minutos luego de ello se dejó que se enfriara un poco para que después se llevara al a cámara de siembra por lo que se necesitó de alcohol del 90° para esterilizar la zona en donde se trabajó colocando el medio de cultivo en la caja Petri asegurándose que no se quedaran burbujas y dejando que el medio se enfriara completamente , para hacer la siembra se necesitó de una pinza de disección para colocar de 4 a 5 partes de la planta infectada ya que estaba sembrado se selló con una cinta la caja Petri y se puso en la cámara de incubación para que se pueda reproducir el hongo.

Días después se hizo una prueba para ver si se tenía presencia del hongo, pero además del hongo también se pudo observar la presencia de bacterias por lo cual se decidió hacer nuevamente la siembra, pero en este caso se le aplicó un antibiótico para combatir las bacterias que se presentaron en el medio.

Cuando el medio del cultivo ya tenía la presencia del hongo se hizo la prueba en la cama de Neubauer para ver la cantidad de esporas que se encontraba y saber la concentración.

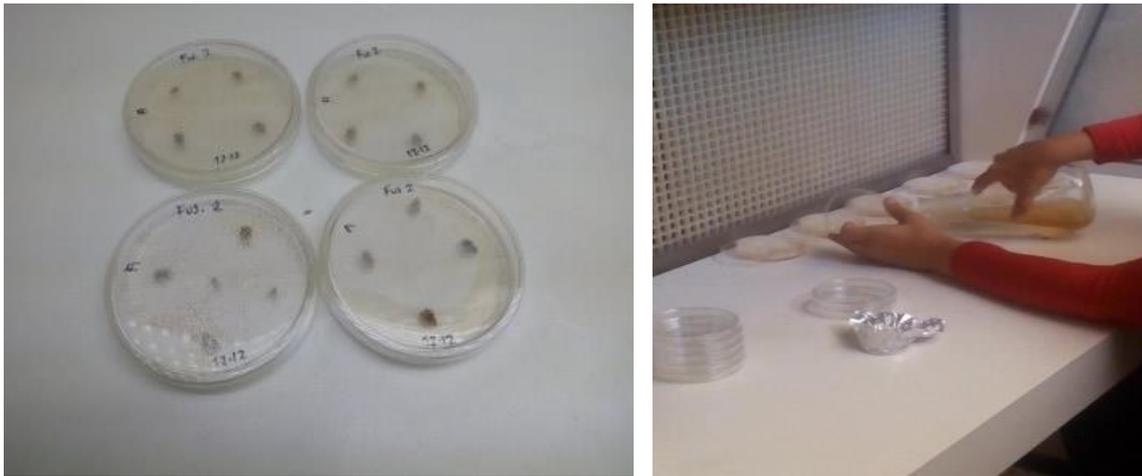


Figura 6 Reproducción del *Fusarium, o.* en Laboratorio.

### 3.6. Material Requerido para Inoculación

- Jeringas de 3 y 5 milímetros.
- Agua destilada o purificada.
- Probeta graduada.
- Mini azadón.

### 3.7. Inoculación de las Plantas con *Fusarium, o.*

Para la inoculación se aplicó el 10 de enero del 2019, se utilizó 1.5 litros de agua a una concentración de  $1 \times 10^6$  del fusarium el cual se sacó con un calculó, para la solución se licuo en 500 ml de agua con las esporas del hongo que se tenía en la caja Petri hasta tener la consistencia adecuada. Al inocular las plantas se tuvo que

exponer la raíz y hacerle una pequeña herida después se le aplicó 3 ml de la solución del *Fusarium* en una jeringa aplicándolo en la base de la raíz.

Al final de la aplicación se volvió a tapar la raíz de las plantas y se le dio un riego ligero además de darle las condiciones adecuadas para que se desarrolle el hongo, esto solo se aplicó a los tratamientos T2, T3 y T4.

### **3.8. Metodología para la Aplicación de los Inductores de Resistencia.**

Para el tratamiento 3 a los 7 días de haber inoculado el *Fusarium oxysporum* se le agregó los inductores de resistencia el cual se aplicó *Bacillus Subtilis* (Alubion-X) agregando 5 ml por planta, En el caso del Trichoderma se aplicó 10 ml por planta agitando bien los dos productos para tener una mejor disolución, los cuales se aplicaron utilizando jeringas de 5 ml.



**Figura 7 Aplicación de los Inductores de Resistencia**

A la segunda aplicación se hizo con Afimax, pero se utilizó dos métodos de aplicación que fue foliar 10 ml del producto en 1 litro de agua para ello se utilizó una aspersora manual, y al suelo se usó 5 ml en 1 litro de agua para lo que se aplicó 45 ml por planta en una probeta graduada.



**Figura 8 Segunda Aplicación de los Productos Biológicos**

En la tercera aplicación se preparó 15 ml de alubion-X en 1 litro de agua en cual se pudo medir con la probeta graduada, una vez que se ya estaba listo se aplicó foliar menté con una aspersora a las plantas hasta quedar cubierto completamente.



**Figura 9 Tercera Aplicación de los Productos Biológicos Vía Foliar**

Para la siguiente se aplicó el Trichoderma agregando 10 ml de la solución a cada planta al sueño y por último se aplicó el Afimax agregando 15 ml por cada litro de agua una vez echo la solución se aplicó de modo foliar con la aspersora hasta cubrir completamente la planta.

En el tratamiento 4 después de a ver inoculado las plantas se aplicó el Vigold haciendo una disolución para lo que se agregando 5 ml por litro de agua ya que estaba preparado el Vigold le medimos 45 ml para cada planta en una probeta graduada aplicándolo directo al tallo.

TRATAMIENTOS
T1: Absoluto
T2: Inoculado
T3: <i>Fusarium, o. + Trichoderma Harzianum +B. Subtilis</i>
T4: <i>Fusarium, o. + Vigold</i>

**Figura 10 Cuadro de los Tratamientos**

### 3.9. Muestreo de Variables Evaluadas

#### 3.9.1 Diámetro de Tallo

El muestreo del diámetro se realizó cada 8 días de todos los viernes luego de a ver inoculado las plantas, para medir el diámetro se utilizó un vernier electrónico para ello el dato se tomó en milímetros, debajo de la primera hoja verdadera.



**Figura 11 Muestreo de la Variable Diámetro de Tallo**

#### 3.9.2. Altura de Planta

Para tomar los datos de la altura se utilizó un flexómetro el cual las medidas se tomaron en centímetros desde la parte del tallo hasta el ápice de la planta.

### **3.9.3. Inicio de Floración**

En la toma de los datos de la floración se hizo el conteo de las flores que ya estaban abiertas completamente de cada racimo que se presentaban en el proceso del crecimiento de las plantas.

### **3.9.4. Hojas Funcionales**

Para la toma de datos se empezó contando desde las primeras hojas de abajo hacia arriba.



**Figura 12 Muestreo de las Variables Evaluadas**

### **3.9.5. Diámetro Horizontal y Vertical de la Raíz**

Estos datos se obtuvieron al final del experimento lo primero que se hizo es que las plantas fueran arrancadas de las camas una vez de eso se lavaron las raíces hasta quitar todo el exceso de la tierra luego de se midió la raíz usando un flexómetro en centímetros.



**Figura 13 Evaluación del Diámetro Vertical de la Raíz**

### **3.9.6. Daño de la Raíz (Severidad)**

Para este dato una vez que la raíz de la planta estaba lavada se cortó por la mitad abriendo la raíz para ver el daño y estimar el nivel que la planta tenía. Para determinar el efecto del patógeno se utilizó la escala caracterización fenotípicas de diferentes niveles de resistencia genética (Vivienne Gepp, 2011)



**Figura 14 Evaluación del Daño en la Raíz de las Plantas**

Nivel de severidad en las plantas.

0. Inmune: sin pústulas.
1. Resistente (R): pústulas muy chicas rodeadas de tejido muerto.
2. Moderadamente resistente (MR): pústulas chicas- medianas con algo de tejido muerto.
3. Moderadamente susceptible (MS): pústulas medianas con tejido muerto.
4. Susceptible (S): pústulas grandes con tejido muerto.

Posteriormente se procedió a transformar los datos de la escala a porcentajes (%) por medio de la siguiente fórmula propuesta por Carrón en 2016:

$$S = \left( \frac{\sum(a \times b)}{n \times k} \right) \times 100$$

Donde:

S= severidad

$\sum(a \times b)$  = sumatoria del grado de afección total

n= número de plantas evaluadas

k= grado mayor de la escala



**Figura 15 Evaluación del Diámetro Horizontal de la Raíz**

### **3.10. Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño en bloques completo al azar con arreglo factorial AxB con 3 Repeticiones y 4 tratamientos. Donde el factor A representa los materiales genéticos y el factor B a los tratamientos. Una vez obtenido los datos se hizo un análisis de varianza (ANVA) y una comparación de medias utilizando el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) los cuales fueron analizados con el programa R versión 3. 2. 5 (R Core Team, 2016)

### **3.11. Abreviaturas de las Variables:**

#### Variedades

TVE-VN01(VILLA NARRO®)

THB-SIV04 (Hibrido experimental)

TVE-SM03 (SofiMely®)

#### Tratamientos

T-A: Testigo Absoluto

T-INO: Inoculado

T-FTB: *Fusarium, o. + Trichoderma Harzianum +B. Subtilis*

T-FV: *Fusarium, o. + Vigold*

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la interpretación de los resultados se llevó a cabo el Análisis de Varianza (ANVA) aplicando una prueba de comparación de medias con el método de Tukey, con una probabilidad de  $p \leq 0.05$  para evaluar las diferentes variedades. Con un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con tres repeticiones y 4 tratamientos. Las variables evaluadas fueron: Diámetro de tallo, Altura de la planta, Floración, Hojas funcionales, Diámetro horizontal, Diámetro vertical y Severidad.

Cuadro 1. Análisis de Varianza Para las Diferentes Variables en Estudio.

VARIETADES	TRATAMIENTOS	H FUN	DHOR	DVER	SEVERIDAD
TVE-VN01	TA	9.00 a	25.44 a	19.00a	26.89 a
	TINO	5.67 a	22.89ab	19.67a	6.89b
	TFTB	6.00 a	10.89ab	7.55a	0.00c
	TFV	4.22 a	4.00b	3.99a	7.00b
	CV	<b>51.82</b>	<b>45.96</b>	<b>52.05</b>	<b>5.79</b>
TVE-SM03	TA	8.56 a	26.22 a	18.67a	7.00c
	TINO	6.55 a	15.78 a	11.00 a	34.20a
	TFTB	5.56 a	12.89 a	8.11a	7.00c
	TFV	3.45 a	6.00 a	4.22a	20.00b
	CV	<b>45.92</b>	<b>81.47</b>	<b>78.66</b>	<b>6.39</b>
THB-SIV04	TA	9.22 a	28.22 a	17.22ab	13.00b
	TINO	9.00 a	24.89ab	21.22a	13.11b
	TFTB	5.44 a	9.89ab	7.55bc	13.00b
	TFV	3.00 a	4.22b	3.56c	20.00 a
	CV	<b>45.70</b>	<b>44.98</b>	<b>38.24</b>	<b>7.22</b>

Figura 16 Análisis de Varianza para las Diferentes Variables en Estudio (TA. Tratamiento Absoluto, TINO. Tratamiento Inoculado, TFTB. Tratamiento con *Fusarium*, o. + *Trichoderma Harzianum* + *Bacillus Subtilis*, Tratamiento con *Fusarium oxysporum* + Vigold).

### 4.1 Diámetro de Tallo Para Cada Una de las Variedades de Tomate (milímetros).

En el análisis de varianza (ANVA) para la variable del diámetro de tallo de la planta, no se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para las diferentes Variedades como la Variedad TVE-VN01, VILLA NARRO® así como la Variedad

TVE-SM03, SofiMely® y para el Híbrido THB-SIV04 con los 4 tratamientos correspondientes. Aplicando la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, demostrando que, en el comportamiento de las tres Variedades, ya que la respuesta en esta variable, puede tener influencia por el efecto de las aplicaciones realizadas con los Tratamientos, considerando que el testigo absoluto para la Variedad SofiMely® manifestando un mayor diámetro de tallo, seguida por el Híbrido THB-SIV04 inoculado con *Fusarium*, Figura,17.

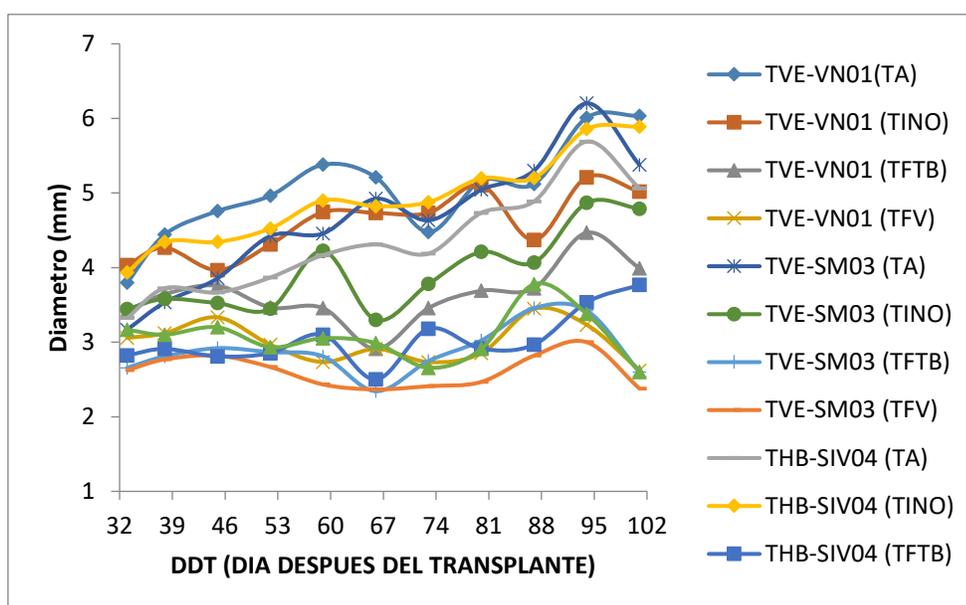
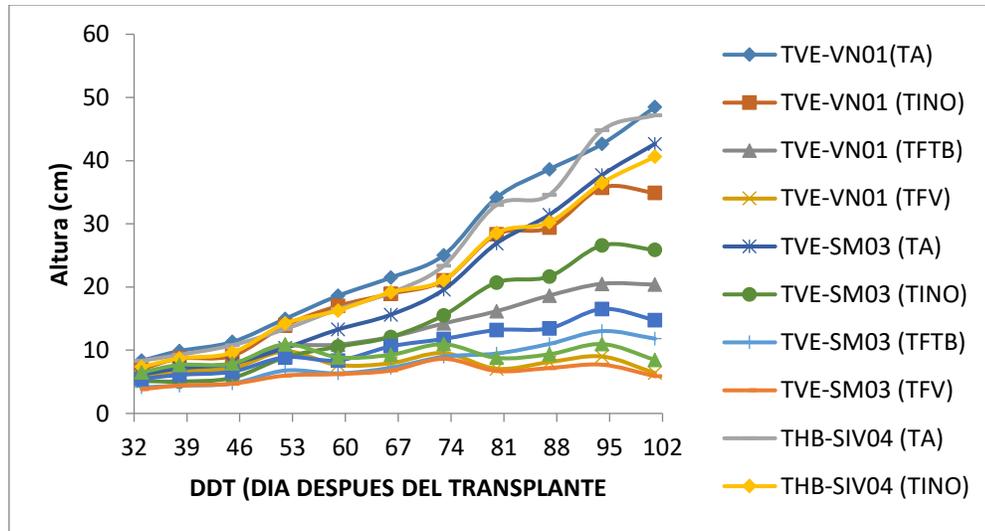


Figura 17 Grafica del Diámetro de Tallo Para Cada Una de las Variedades de Tomate (milímetros).

#### 4.2. Altura Planta Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros).

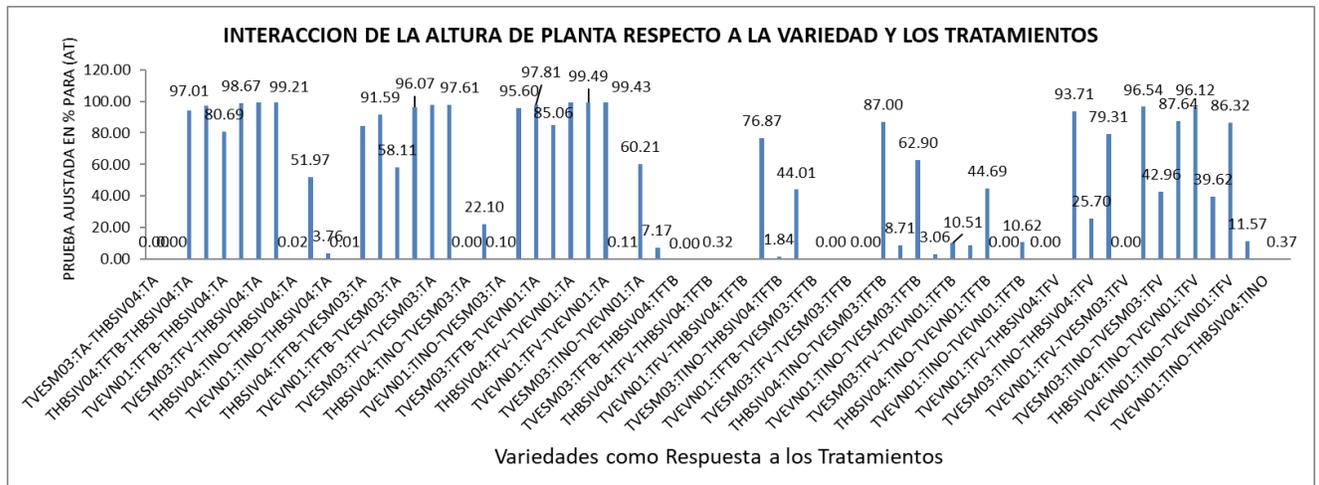
En el Análisis de Varianza (ANVA) para la variable de Altura de la planta, se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la Variedad TVE-VN01, VILLA NARRO® el en tratamiento absoluto, con un (C.V) 43.62% y en el resto de las Variedades, así como la Variedad TVE-SM03, SofiMely® y para el Híbrido THB-SIV04 con sus tratamientos correspondientes. Aplicando la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, demostrando que las tres Variedades tienen una respuesta diferente dado que su Constitución Genética en su formación en el Hábito de crecimiento, aunado a la respuesta de los

Tratamientos donde se manifestó para que su expresión en Vigor del tallo está muy defendida por ser una Población con estabilidad, seguida por VILLA NARRO® con la aplicación de *Trichoderma* y *Bacillus* figura 18.



**Figura 18 Grafica de la Altura de Planta Para Cada una de las Variedades de Tomate (Centímetros)**

**Interacción de la Altura de la Planta Entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta).**



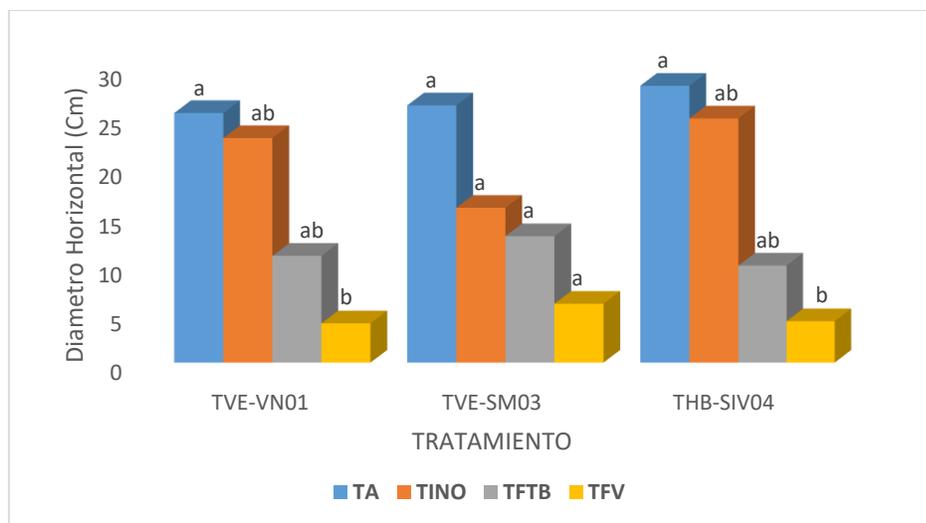
**Figura 19 Interacción de la Altura de la Planta Entre las Variedades y los tratamientos Utilizados Durante el Proceso (por planta).**

#### **4.3. Hojas Funcionales Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Por planta)**

En el Análisis de Varianza (ANVA) para la variable de las hojas funcionales de la planta, no se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para las diferentes Variedades teniendo un Coeficiente de Variación (C.V) de 51.82% para la Variedad TVE-VN01, VILLA NARRO®, la Variedad TVE-SM03, SofiMely® tiene un (C.V) de 45.92% y para el Híbrido THB-SIV04 tiene un (C.V) de 45.70% en los 4 tratamientos correspondientes. Aplicando la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, demostrando que las tres Variedades respondieron de manera muy similar ya que manifestaron los mismos valores para esta variable en particular figura, 26. Apéndice.

#### **4.4. Diámetro Horizontal de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros).**

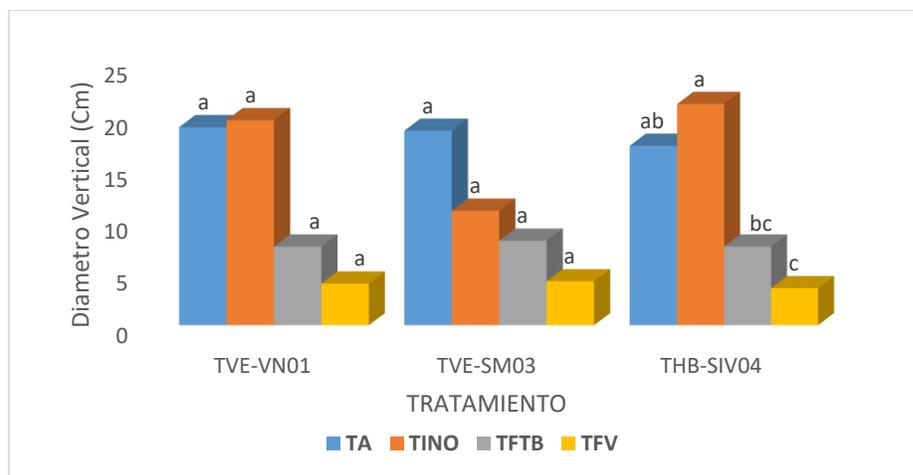
En el Análisis de Varianza (ANVA) para la variable del Diámetro Horizontal de la planta, se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la Variedad TVE-VN01, VILLA NARRO® el en tratamiento absoluto teniendo un Coeficiente de Variación (C.V) de 45.96% secundado por el Híbrido THB-SIV04 en el tratamiento absoluto teniendo un (C.V) de 44.98% y en la Variedad TVE-SM03, SofiMely no se encontró diferencia significativa en los diferentes tratamientos y un (C.V) de 81.47%. Aplicando la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, demostrándose que en dos Variedades presentaron los mismos valores Figura 19, y en la Variedad TVE-SM03, SofiMely® no hubo diferencia alguna para esta variable, lo que se puede considerarse que esta Variedad presenta alta Resistencia al problema antes descrito además que el sistema radicular juega un papel preponderante por su Versatilidad del propio material Genético Figura ,20.



**Figura 20 Grafica para el Diámetro Horizontal de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros)**

#### **4.5. Diámetro Vertical de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros).**

En el Análisis de Varianza (ANVA) para la variable del Diámetro Vertical de la planta, se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para el Híbrido THB-SIV04 el en tratamiento inoculado teniendo un Coeficiente de Variación (C.V) de 38.24% y en las otras Variedades no se encontró diferencia significativa en los diferentes tratamientos, Figura ,21, lo que la posición del sistema radicular influye en la respuesta a los Tratamientos teniendo un (C.V) de 78.66% para la Variedad TVE-SM03, SofiMely® y un (C.V) de 52.05% para la Variedad TVE-VN01, VILLA NARRO®. Aplicando la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, demostrando que el Híbrido supero a las otras variedades para esta Característica ya que, entre mayor sistema radicular, posición y raíces adventicias un material Genético tendrá un mayor potencial en su comportamiento.



**Figura 21 Grafica Para el Diámetro Vertical de la Raíz Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Centímetros)**

#### **4.6. Severidad (%) Para Cada Una de las Variedades de Tomate.**

En el Análisis de Varianza (ANVA) para la Variable de Severidad de las plantas, se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la Variedad TVE-VN01, VILLA NARRO®, el en tratamiento absoluto teniendo un Coeficiente de Variación (C.V) de 5.80%, además que en la Variedad TVE-SM03, SofiMely® en el tratamiento inoculado teniendo un (C.V) de 6.39% y para el Híbrido THB-SIV04 fue en el tratamiento de *Fusarium oxysporum*. + Vigold con un (C.V) de 7.22%. Aplicando la prueba de comparación de medias con el método de Tukey, se determinó que las tres Variedades tienen diferente comportamiento con la aplicación para Inductores de Resistencia Figura,22. En el área que se realizó el experimento ya se tenía presencia de *Fusarium oxysporum* por los antecedentes el cual se había hecho el trabajo de las diferentes técnicas de Inoculación (Moreno, 2018). Hacer la evaluación de los Inductores de Resistencia en tiempo y forma, en diferentes etapas de desarrollo para observar el comportamiento que tienen los productos. Los rangos de severidad para cada uno de los Genotipos en estudio fueron muy marcados, cada uno con una formación diferente por sus Características que se incorporaron en su formación (Sánchez, 2018). Por lo que en la presente Investigación se da la premisa para evaluar estos materiales en diferentes medios Ambientales y determinar qué efecto causa el medio ambiente para el grado de

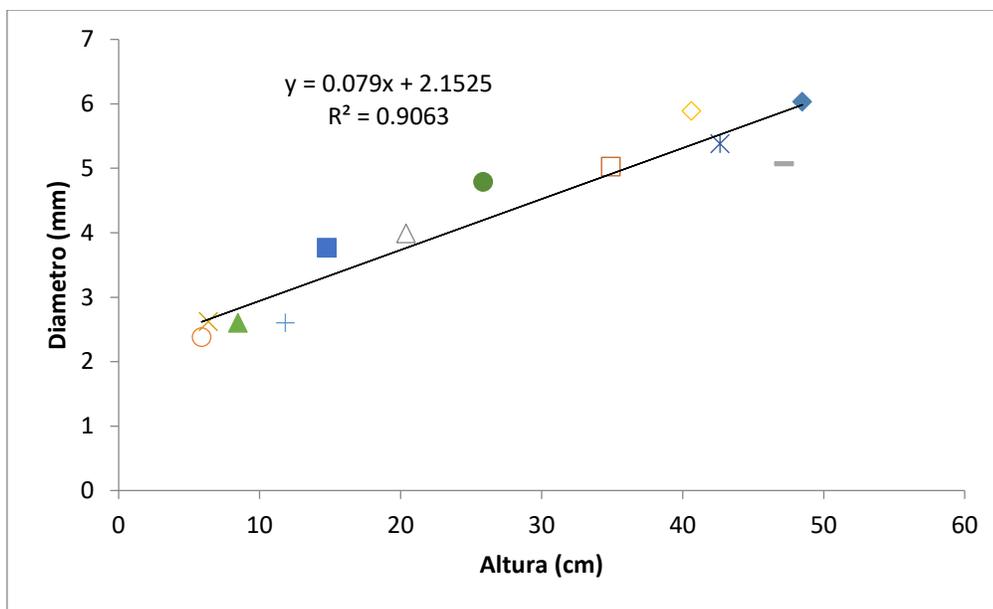


#### **4.7. Interacción Entre las Variedades y los Tratamientos Utilizados Durante el Proceso.**

Se realizó un Análisis de Varianza en donde se obtuvo el porcentaje de Interacción entre las Variedades y los tratamientos desarrollados para cada una de las variables evaluadas. (Figuras 27, 28, 29, 30), sin embargo, para estas Características pudieran considerarse al menos una de estas que sea de importancia para el Mejoramiento en futuras Investigaciones. En lo que respecta a las Variables, altura de la planta, y la severidad se encontraron diferencias significativas.

#### **4.8. Correlación del Diámetro del Tallo Contra la Altura de la Planta en las Diferentes Variedades Contra Tratamientos.**

En el Análisis de correlación entre el Diámetro del Tallo y la Altura de la Planta se obtuvo un  $R^2$  de 0.90 en la gráfica, lo cual indica que se encuentra una relación positiva en ambas Características demostrando así que a mayor Diámetro aumenta el tallo, y esto permite vaya incrementando la altura en el Hábito de las plantas en las respectivas Variedades independientemente de sus modalidades y dosel de la misma en el desarrollo. Figura 24. Lo antes expuesto coincide con los estudios realizados por (García,2018) en cuanto a peso de tallo seco en días a trasplante, donde los resultados obtenidos para peso de tallo seco se obtuvo en la Línea TSAN-10001SV con un valor de 0.60 g seguidas por la Línea TSAN-10003-SVI y TSAN-04-SI-SV-07-03-SI ambas con un peso de 0.45 g con un testigo imperial de 0.35 g. el contenido de materia seca está asociado al materia genético e indica más eficiencia productiva de biomasa al obtener mayor ganancia de materia seca por unidad de tejido asimila torio y unidad de tiempo por lo que aquí se corrobora con los resultados de Hung en 1990. Estos datos estadísticos demuestran que para esta Característica juega un papel muy importante para el desarrollo Vegetativo Reproductivo en función de cada Genotipo.

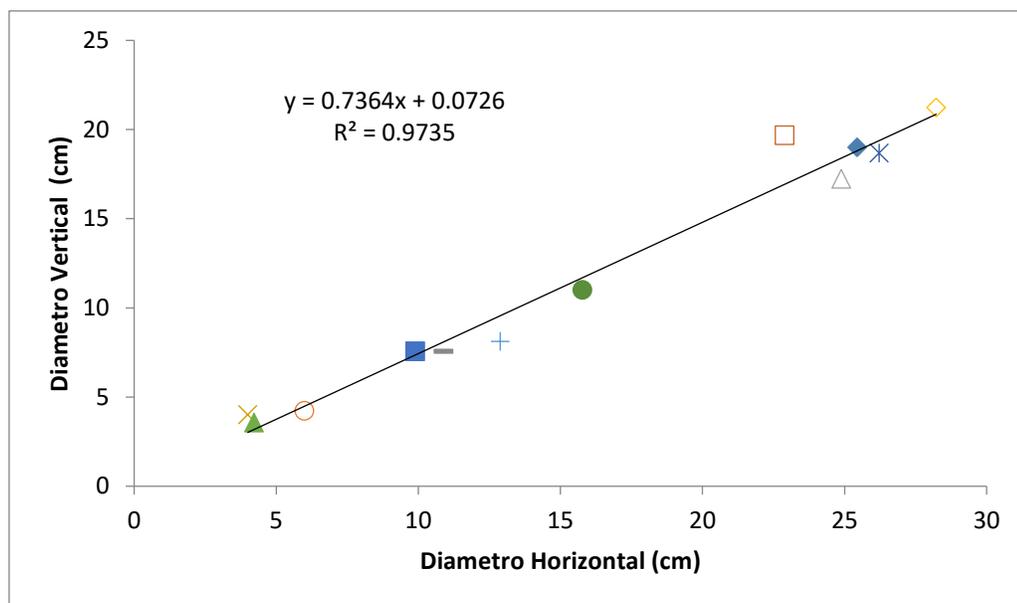


**Figura 24 Grafica de la Correlación del Diámetro de Tallo contra la Altura de la Planta de tres Variedades Evaluadas con cuatro Tratamientos(• TVESM03TINO,  $\Delta$  THBSIV04TFV,  $\Delta$  TVEVN01TFTB,  $\diamond$ TVEVN01TA,  $\diamond$ THBSIV04TINO,  $\circ$ TVESM03TFV,  $\square$ THBSIV04TFTB,  $\square$ TVEVN01TINO, - THBSIV04TA, \*TVESM03TA, x TVEVN01TFV, + TVESM03TFTB)**

#### **4.9. Correlación del Diámetro Horizontal contra el Diámetro Vertical en las Diferentes Variedades contra Tratamientos.**

En el Análisis de Correlación del Diámetro Horizontal de la Raíz contra el Diámetro Vertical de la Raíz se obtuvo un  $R^2$  de 0.97 en la gráfica, lo cual indica que se encuentra una relación positiva en ambas Características demostrando así que a mayor Diámetro Horizontal aumenta el Diámetro Vertical, y esto permite ir incrementando la altura en el Hábito de las plantas en las respectivas Variedades independientemente de sus modalidades y dosis de la misma en el desarrollo. Figura 25. Esto corrobora con la Investigación realizada por (Gracia 2018), para las Variables de macro elementos en la raíz de tomate se encontraron diferencias significativas a una probabilidad  $\geq 0.05$  en Potasio (K) en la etapa de floración en la etapa de cuajado en calcio (Ca). Para el caso del calcio en la etapa de floración el valor más alto fue para el testigo imperial con el 2.53% contra la línea TSAN-I0001SV con el 0.89% la cual fue superada por 1.64% para el caso del Calcio fue para la Línea TSAN 10003-SVI con 4.80% contra el testigo Imperial F<sub>1</sub>® con el 4.70 y 7 % quedando en el mismo grupo la capacidad de absorción de este

elemento. Considerando que estas Características pudieran jugar un papel importante a futuro para la formación y generación de Nuevos Genotipos.



**Figura 25 Grafica del Diámetro Vertical de Raíz de tres Variedades Evaluadas con Cuatro Tratamientos (ΔTHBSIV04TFV, •TVESM03TINO, △ THBSIV04TA, ◇TVEVN01TA, ◇THBSIV04TINO, ○TVESM03TFV, □THBSIV04TFTB, □ TVEVN01TINO, -TVESM03TFV,\*TVESM03TA, x TVEVN01TFV, + TVESM03TFTB)**

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos para las diferentes variables evaluadas en invernadero se concluye lo siguiente:

- ❖ Para la Variable de diámetro de tallo y altura de la planta se obtuvo el desarrollo del comportamiento de las tres Variedades con sus respectivos tratamientos en el transcurso de los días después de trasplante.
- ❖ La Variedad VILLA NARRO® Testigo absoluto desarrollo mejor sistema radicular siendo el que obtuvo mayores dimensiones de esta.
- ❖ El material que manifestó mayor Severidad fue para VILLA NARRO® Absoluto, SofiMely® Inoculado con *Fusarium oxysporum* y el Híbrido THB-SIV04 el Tratamiento Inoculado con *Fusarium oxysporum* + Vigold.
- ❖ Es recomendable hacer más Investigaciones acerca de los Inductores de Resistencia que se utilizaron, para tener más información y respuesta del comportamiento que tienen estos productos.
- ❖ En la evaluación se encontró nematodos en los tratamientos donde fueron aplicados los Inductores de resistencia por lo que pudo influir en los resultados
- ❖ Se sugiere no realizar Investigaciones con antecedentes de Inoculación con Hongos y/o Bacterias.
- ❖ En la correlación para Diámetro de tallo contra Altura de la planta el mejor es VILLA NARRO® Absoluto, además en el Diámetro Horizontal contra el Diámetro Vertical el mejor es el Híbrido THB-SIV04 Inoculado con *Fusarium oxysporum*.

## VI. LITERATURA CITADA

- CEICKOR, C. d. (2015). Aplicaciones preventivas para ciclo de tomate. Ezequiel Montes, Colón, México.
- Guerrero R. José C. 2014. Beneficios de *B. Subtilis* en tomates. Art Hortalizas.
- Infante D., Martínez B., Gonzales N., Reyes Y., 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Rev. Protección Veg. v.24 n.1
- Martínez B., Infante D., Reyes Y., 2013. *Trichoderma spp.* y su función en el control de plagas en los cultivos. Rev. Protección Veg. vol.28 no.1
- Nieto C. Pedro. 2015. Uso de *bacillus subtilis* como biofungicida en agricultura y jardinería. Blog control Bio.
- Pinto E.A. 2012. Marchitez Vascular en Tomate. Blog Fitopatología II.
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Retana K., Ramírez J., Castro O., Blanco M., 2017. Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. SP. Apii asociado a la marchitez del apio en Costa Rica.
- Sánchez, L.A. 2017 Registro de la Variedad SofiMely® Extra Firme de Larga Vida de Anaquel de Tomate (*Solanum Lycopersicum*) L. Tipo Beef. Pag. 56.
- Sánchez, L.A. 2017 Registro de la Variedad VILLA NARRO® Extra Firme de Larga Vida de Anaquel de Tomate (*Solanum Lycopersicum*) L. Tipo Beef. Pag. 58.
- Sánchez. L, A. (2018) Caracterización de diferentes tipos de Tomate de Habito-Indeterminado y Semi-Indeterminado, Curso de Mejoramiento Genético de hortalizas (Mejoramiento de Cultivos Hortícolas).
- Villareal D. Maria F., Villa R. Eder D., Cira C. Luis A., Estrada A. Maria I., Parra C. Fannie I., De los santos V. Sergio. 2018. Art. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola.

Vivienne Gepp. 2011. Resistencia genética. Fuentes de diversidad de los patógenos. Control genético.

## VII. APÉNDICE

Cuadro de concentración del Análisis de Varianza (ANVA) para la variable de diámetro del tallo y altura de la planta.

DDT	VARIETADES	TRATAMIENTOS	DIAMETRO	ALTURA
33	TVE-VN01	TA	3.7967 a	8.3467 a
		TINO	4.0333 a	7.0033ab
		TFTB	3.4200 a	6.2400ab
		TFV	3.0567 a	5.7567b
		<b>CV</b>	<b>13.04</b>	<b>12.65193</b>
	TVE-SM03	TA	3.1667 a	6.1467 a
		TINO	3.4433 a	5.1333ab
		TFTB	2.6567 a	4.1100b
		TFV	2.6233 a	3.8300b
		<b>CV</b>	<b>10.22358</b>	<b>14.61215</b>
	THB-SIV04	TA	3.3233 a	8.3333 a
		TINO	3.9367 a	7.3333ab
		TFTB	2.8233 a	5.4467c
		TFV	3.1667 a	6.5000bc
		<b>CV</b>	<b>12.47525</b>	<b>7.914941</b>
	38	TVE-VN01	TA	4.4433a
TINO			4.2667 a	8.690 a
TFTB			3.6433 a	7.097 a
TFV			3.1200 a	6.610 a
		<b>CV</b>	<b>15.4893</b>	<b>16.50299</b>
TVE-SM03		TA	3.5333ab	7.1300 a
		TINO	3.5800 a	5.0567ab
		TFTB	2.8100b	4.3900b
		TFV	2.7700b	4.4133b
		<b>CV</b>	<b>8.535108</b>	<b>17.86742</b>
THB-SIV04		TA	3.7233ab	9.2667 a
		TINO	4.3433 a	8.7200 a
		TFTB	2.9100b	6.1100b
		TFV	3.1000b	7.6667ab
		<b>CV</b>	<b>11.71739</b>	<b>10.27996</b>
45		TVE-VN01	TA	4.7567 a
	TINO		3.9667 a	9.123ab
	TFTB		3.7567 a	7.633ab
	TFV		3.3333 a	7.113b
		<b>CV</b>	<b>14.52818</b>	<b>15.85463</b>
	TVE-SM03	TA	3.8567 a	7.9200 a
		TINO	3.5233 a	5.6233ab

		<i>TFTB</i>	2.9200 a	4.7333b
		<i>TFV</i>	2.8200 a	4.7000b
		<b>CV</b>	<b>12.13644</b>	<b>14.50408</b>
	THB-SIV04	<i>TA</i>	3.6667 a	10.7900 a
		<i>TINO</i>	4.3433 a	96000ab
		<i>TFTB</i>	2.8100 a	6.6100c
		<i>TFV</i>	3.2000 a	7.8900bc
		<b>CV</b>	<b>17.74237</b>	<b>9.330396</b>
<b>52</b>	TVE-VN01	<i>TA</i>	4.9633 a	14.967 a
		<i>TINO</i>	4.3100ab	13.910 a
		<i>TFTB</i>	3.4667ab	10.533 a
		<i>TFV</i>	2.9667b	9.823 a
		<b>CV</b>	<b>17.73742</b>	<b>21.21518</b>
	TVE-SM03	<i>TA</i>	4.4233 a	10.367 a
		<i>TINO</i>	3.4467 a	8.880 a
		<i>TFTB</i>	2.8667 a	6.787 a
		<i>TFV</i>	2.6667 a	5.990 a
		<b>CV</b>	<b>21.26655</b>	<b>25.90017</b>
	THB-SIV04	<i>TA</i>	3.8667 a	13.333 a
		<i>TINO</i>	4.5233 a	14.233 a
		<i>TFTB</i>	2.8533 a	8.890 a
		<i>TFV</i>	2.9333 a	10.943 a
		<b>CV</b>	<b>18.64405</b>	<b>17.43583</b>
<b>59</b>	TVE-VN01	<i>TA</i>	5.3800 a	18.613 a
		<i>TINO</i>	4.7433 a	17 a
		<i>TFTB</i>	3.4567ab	10.890 a
		<i>TFV</i>	2.7333b	7.667 a
		<b>CV</b>	<b>17.15594</b>	<b>29.70627</b>
	TVE-SM03	<i>TA</i>	4.4567a	13.277 a
		<i>TINO</i>	4.2233a	10.553 a
		<i>TFTB</i>	2.8100a	6.333 a
		<i>TFV</i>	2.4333a	6.220 a
		<b>CV</b>	<b>28.89105</b>	<b>42.20267</b>
	THB-SIV04	<i>TA</i>	4.1667a	16.5 a
		<i>TINO</i>	4.9000a	16.277 a
		<i>TFTB</i>	3.1000a	8.387 a
		<i>TFV</i>	3.0533a	8.890 a
		<b>CV</b>	<b>23.90226</b>	<b>26.82439</b>
<b>66</b>	TVE-VN01	<i>TA</i>	5.21a	21.490 a
		<i>TINO</i>	4.7333a	18.943ab
		<i>TFTB</i>	2.91a	12.113ab
		<i>TFV</i>	2.91a	7.943b
		<b>CV</b>	<b>21.23774</b>	<b>28.06471</b>

	TVE-SM03	TA	4.923a	15.619a
		TINO	3.300a	12.110a
		TFTB	2.343a	7.223a
		TFV	2.367a	6.780a
		<b>CV</b>	<b>38.37458</b>	<b>42.14898</b>
	THB-SIV04	TA	4.31a	19.090a
		TINO	4.8233a	19.167a
		TFTB	2.50a	10.610ab
		TFV	2.9867a	9.277b
		<b>CV</b>	<b>28.80948</b>	<b>21.68974</b>
<b>73</b>	TVE-VN01	TA	4.4767a	25.033 <sup>a</sup>
		TINO	4.7333a	21.043 <sup>a</sup>
		TFTB	3.4567a	14.233a
		TFV	2.7333a	9.557a
		<b>CV</b>	<b>23.01174</b>	<b>37.07518</b>
	TVE-SM03	TA	4.633a	19.580a
		TINO	3.780a	15.523a
		TFTB	2.747a	8.980a
		TFV	2.410a	8.643a
		<b>CV</b>	<b>38.08724</b>	<b>45.17213</b>
	THB-SIV04	TA	4.1867a	23.353a
		TINO	4.8767a	21.110a
		TFTB	3.18a	11.787a
		TFV	2.6567a	10.957 <sup>a</sup>
		<b>CV</b>	<b>29.8325</b>	<b>28.25638</b>
<b>80</b>	TVE-VN01	TA	5.1667a	34.123 <sup>a</sup>
		TINO	5.1033a	28.333ab
		TFTB	3.69a	16.177ab
		TFV	2.8533a	7.067b
		<b>CV</b>	<b>27.24483</b>	<b>44.57915</b>
	TVE-SM03	TA	5.043a	26.900a
		TINO	4.210a	20.710a
		TFTB	3.023a	9.477a
		TFV	2.467a	6.723a
		<b>CV</b>	<b>36.83028</b>	<b>52.22644</b>
	THB-SIV04	TA	4.7333a	32.970a
		TINO	5.1967a	28.557ab
		TFTB	2.9133a	13.200bc
		TFV	2.91a	8.790c
		<b>CV</b>	<b>25.18491</b>	<b>33.28445</b>
<b>87</b>	TVE-VN01	TA	5.12a	38.633 a
		TINO	4.37a	29.413 a
		TFTB	3.7233a	18.653 a

		<i>TFV</i>	3.4467a	8.123 a
		<b>CV</b>	<b>26.82186</b>	<b>48.29598</b>
	TVE-SM03	<i>TA</i>	5.300a	31.437 a
		<i>TINO</i>	4.067a	21.667ab
		<i>TFTB</i>	3.457a	11ab
		<i>TFV</i>	2.820a	7.177b
		<b>CV</b>	<b>41.84253</b>	<b>47.82756</b>
	THB-SIV04	<i>TA</i>	4.887a	34.600 a
		<i>TINO</i>	5.200a	30.267ab
		<i>TFTB</i>	2.967a	13.467ab
		<i>TFV</i>	3.777a	9.357b
		<b>CV</b>	<b>31.7642</b>	<b>34.84257</b>
<b>94</b>	TVE-VN01	<i>TA</i>	6.010a	42.64 a
		<i>TINO</i>	5.210a	35.72 a
		<i>TFTB</i>	4.467a	20.52 a
		<i>TFV</i>	3.233a	9.01 a
		<b>CV</b>	<b>31.19878</b>	<b>49.88032</b>
	TVE-SM03	<i>TA</i>	6.203a	37.73 a
		<i>TINO</i>	4.867a	26.59 a
		<i>TFTB</i>	3.423a	13.03 a
		<i>TFV</i>	3a	7.71 a
		<b>CV</b>	<b>40.39339</b>	<b>58.81062</b>
	THB-SIV04	<i>TA</i>	5.69a	44.810 a
		<i>TINO</i>	5.8567a	36.477ab
		<i>TFTB</i>	3.5333a	16.523b
		<i>TFV</i>	3.38a	10.977b
		<b>CV</b>	<b>25.8597</b>	<b>34.086</b>
<b>101</b>	TVE-VN01	<i>TA</i>	6.033a	48.490 a
		<i>TINO</i>	5.020a	34.913ab
		<i>TFTB</i>	3.990a	20.387ab
		<i>TFV</i>	2.623a	6.377b
		<b>CV</b>	<b>33.89839</b>	<b>43.62509</b>
	TVE-SM03	<i>TA</i>	5.377a	42.667 a
		<i>TINO</i>	4.790a	25.867ab
		<i>TFTB</i>	2.600a	11.837ab
		<i>TFV</i>	2.377a	5.887b
		<b>CV</b>	<b>44.89883</b>	<b>56.11502</b>
	THB-SIV04	<i>TA</i>	5.063a	47.187 a
		<i>TINO</i>	5.890a	40.620ab
		<i>TFTB</i>	3.767a	14.780bc
		<i>TFV</i>	2.600a	8.477c
		<b>CV</b>	<b>40.39622</b>	<b>40.1679</b>

### Hojas funcionales para cada uno de las Variedades de tomate (Por planta)

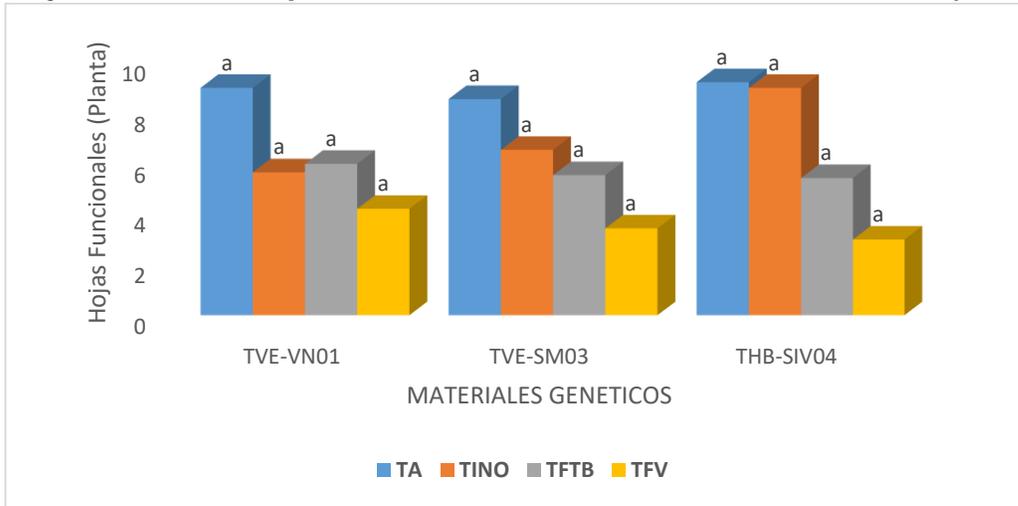
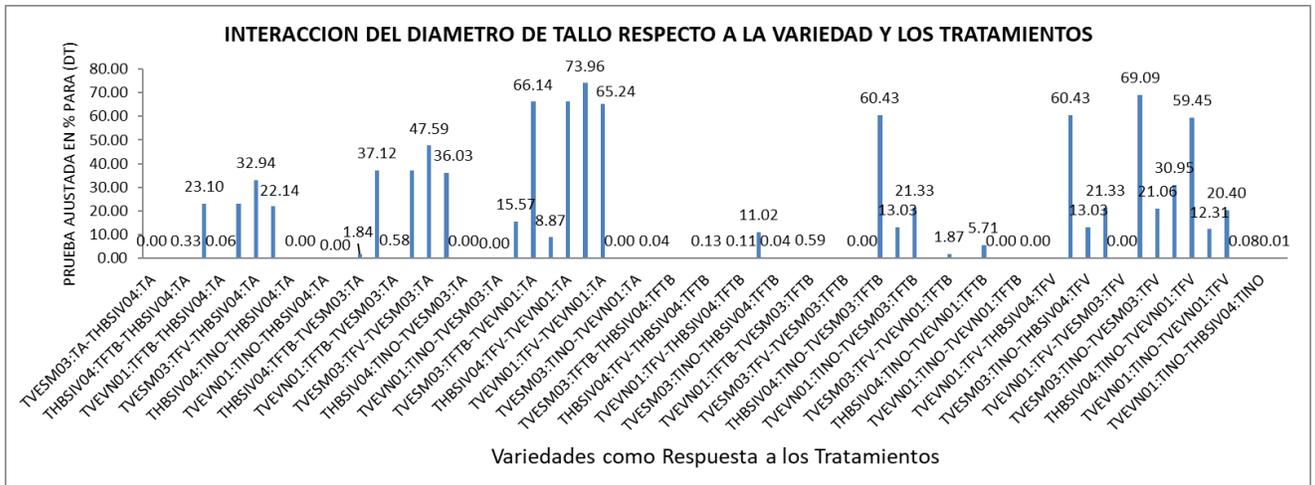
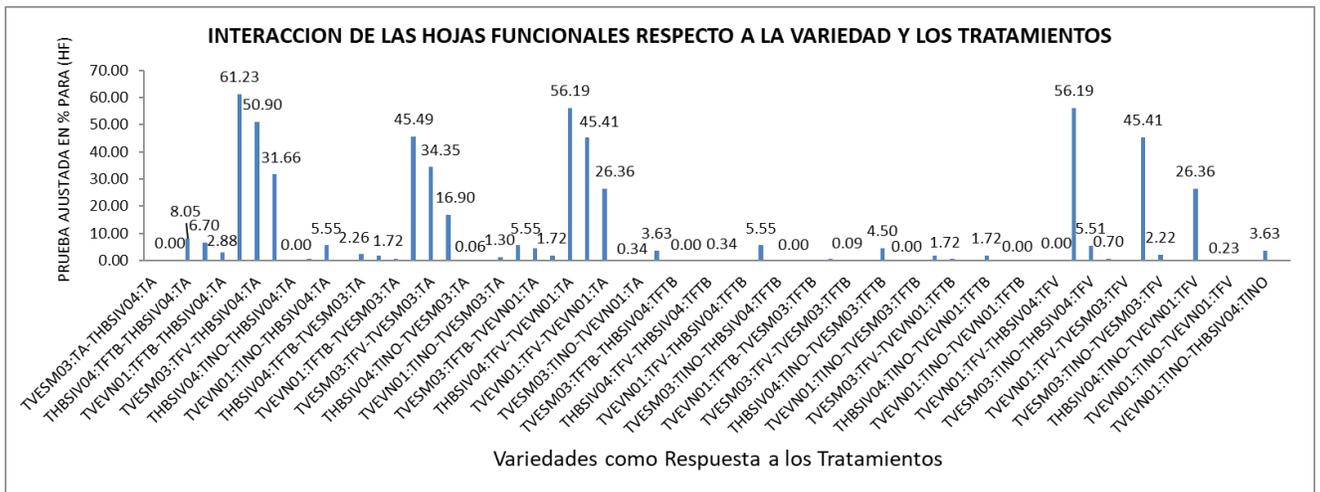


Figura 26 Grafica de las Hojas Funcionales Para Cada Una de las Variedades de Tomate (Por planta)

### Figura 27 Interacción del Diámetro entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta).



**Figura 28 Interacción de las Hojas funcionales entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta).**



**Figura 29 Interacción del Diámetro Horizontal de la raíz entre las Variedades y los tratamientos utilizados durante el proceso (por planta).**

