

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Análisis y Caracterización de la Tolerancia a *Fusarium oxysporum* (R<sub>III</sub>) en  
Diferentes Líneas de Tomate Extra Firmes y Especialidad de Diferentes Hábitos  
de Crecimiento

Por:

**MARCO ANTONIO AGUIRRE VERA**

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

Análisis y Caracterización de la Tolerancia a *Fusarium oxysporum* (R<sub>III</sub>) en  
Diferentes Líneas de Tomate Extra Firmes y Especialidad de Diferentes Hábitos  
de Crecimiento

Por:

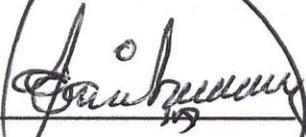
**MARCO ANTONIO AGUIRRE VERA**

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 mis padres.**

*Elodia y Pedro por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.*

*Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus cafés era para mí como agua en el desierto; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida, a hora madre mía espero ser tu orgullo anhelado te amo.*

### **A Dios.**

*Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo en mi vida, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor.*

*Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.*

### **Mi Querida Narro.**

*Gracias a mi universidad, gracias por haberme permitido formarme y en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron responsables de realizar su pequeño aporte, que en el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. ¡¡¡BUITRE Por siempre!!!*

### **M.C. Alfredo Sánchez López.**

*Gracias maestro por enseñarme el verdadero valor de la vida, por guiarme para ser cada día mejor persona, gracias por motivarme en ejercer tan bella profesión, sembrar siempre su sabio*

*conocimiento, por compartir ante mí vivencias únicas y enseñanzas magníficas, quiero expresar mis más sinceros sentimientos con admiración de gratitud y mis infinitas gracias, muchas gracias maestro.*

### **M.C Fidel Maximiliano Peña Ramos.**

*Muchas gracias por guiarme en la estructura de mis datos estadísticos, sus enseñanzas siempre las voy a tener presente y junto a sus consejos nunca los olvidaré y los voy a tener presente como el regalo más grande que puedo recibir de alguien, muchas gracias maestro.*

### **Mis abuelos.**

*Manuel e Ignacia, la vida puede ser dura, el pasar por los caminos de esta puede ser y parece falta piedad, pero la realidad es que el merito de terminar con éxito, son los consejos de mis abuelos la cual les agradezco brindarme una familia la cual de sus hijos refiriéndome a mis tíos e recibido su cariño, su confianza y sabiduría gracias familia Vera.*

### **A mi familia.**

*Primero Dios me ha brindado de formar una familia con la mujer más maravillosa, para que sea mi compañera y ahora me esté obsequiando una hija, la cual me apoyaron dentro mi estancia en mi preparación la cual culmino con alegría y a hora me toca brindarles lo mejor gracias Ana Laura e hija Alinne Yamileth.*

### **Mi hermano.**

*Pedro Alexis te agradezco por ser mi motivación la cual trate de ser tu ejemplo a hora querido hermano, déjame ser tu motivación que te guie en tu camino, tu fortaleza cuando llegue a tu vida gracias hermano.*

## Contenido

AGRADECIMIENTOS .....	I
Resumen.....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos.....	4
Hipótesis.....	4
Justificación.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
Caracterización del Material Genético.....	10
VILLA NARRO® .....	10
Método de Inoculación con Jeringa .....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Localización del Área Experimental .....	12
Diseño experimental .....	12
Material Genético .....	13
VILLA NARRO® ** .....	13
Material Biológico para Inoculación .....	13
Metodología de Extracción para la Suspensión Concentrada de Esporas (SCE).....	14
Preparación de Camas y Establecimiento del Cultivo .....	15
Manejo Experimental.....	15
Trasplante .....	17
Riegos de Auxilio .....	18
Sistema de Conducción .....	19
Material de Campo.....	20
Metodología de Inoculación con Suspensión Concentrada de Esporas con Jeringa .....	21
Variables Agronómicas Evaluadas.....	21
Variable Fitopatológica .....	21
Evaluación de las Variables Agronómicas .....	22
<b>Altura de planta</b> .....	22
Diámetro .....	23
Severidad.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26

Altura de planta (AP).....	28
Diámetro de tallo (DT).....	29
Longitud vertical y horizontal de raíz (LVR - LHR) .....	30
Severidad (%) .....	32
EFFECTOS DE LAS INTERACCIONES .....	33
Altura de planta .....	33
Diámetro de tallo .....	34
Longitud Vertical de Raíz.....	35
Longitud Horizontal de Raíz .....	36
Severidad.....	37
V. CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	39
APÉNDICE .....	42

## Índice de figuras

Figura 1 Ubicación del experimento en la UAAAN campus Buenavista.....	12
Figura 2 Observación microscópica de <i>Fusarium oxysporum</i> R <sub>III</sub> .....	14
Figura 3 Labores culturales de aporques, escardas, conducción y podas y riegos .....	16
Figura 4 Trasplante y riego de asiento. ....	17
Figura 5 Riegos por medio se sistema de cintilla .....	18
Figura 6 Sistema de conducción modificado modificado empleado en el experimento con el respectivo tratamiento de desinfección de carrizos. ....	19
Figura 7 Inoculación con suspensión concentrada de esporas con jeringa. ....	21
Figura 8 Medición de altura con flexómetro. ....	22
Figura 9 Medición de diámetro de tallo. ....	23
Figura 10 Evaluación de severidad de acuerdo a la escala establecida. ....	25
Figura 11 Altura de planta de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas evaluada. ....	28
Figura 12 Diámetro de planta de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas. ....	29
Figura 13 Longitud vertical de raíz de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas. ....	30
Figura 14 Longitud horizontal de raíz de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas. ....	31
Figura 15 (%) Severidad de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas.....	32
Figura 16 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Altura de planta. .....	33
Figura 17 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Diámetro de tallo. ....	34
Figura 18 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Longitud vertical de raíz. ....	35

Figura 19 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Longitud horizontal de raíz.....	36
Figura 20 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable % de Severidad. .....	37

## Índice de cuadros

Cuadro 1 Material genético utilizado. ....	13
Cuadro 2 Valores promedios de tomate de Líneas Extra Firmes y de Especialidad de diferentes hábitos de crecimiento.....	27

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue desarrollado con la finalidad de determinar el Análisis y Caracterización de diferentes Líneas de Tomate Extra Firmes y de Especialidad ante los ataques de *Fusarium*, o. **R<sub>III</sub>**, se utilizó la técnica de la inoculación por medio de jeringa y daño mecánico, el experimento fue desarrollado en las Instalaciones del Campus Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en ciclo invierno-primavera del 2019, en el Invernadero del Departamento de Parasitología. Se utilizó un acomodo experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, bajo un modelo estadístico múltiple factorial con la prueba de comparación de medias de Tukey, donde se aplicó la siguiente Técnica de Inoculación: Jeringa a  $9 \times 10^6$ , contando con muestra de seis plantas por Línea para tomar solo muestra de tres con la técnica de inoculación para la evaluación correspondiente, considerando las Variables agronómicas de altura de la planta, diámetro del tallo con cuatro muestreos cada 30 días observando el comportamiento Fenotípico, considerando como ultimas variables longitud horizontal y vertical dando importancia al porcentaje de "**Severidad**" causada por daño por *Fusarium oxysporum*, se realizó un muestreo al extraer las plantas del suelo, en raíz, para visualizar el daño por *Fusarium*, o. Con el valor de una escala por daños causados y mostrando en las partes de tejido necrótico al tallo y raíz ya que la valoración de la escala fue de 0 a 5 y expresada en porcentajes mediante una ecuación. Dentro del desarrollo de las plantas se observaron algunos efectos en los Genotipos de *Fusarium oxysporum*. Al realizar la evaluación se pudo determinar que hubo daños por la inoculación como daño mecánico a excepción de la Variedad VILLA NARRO® que presento resistencia a *Fusarium oxysporum* **R<sub>III</sub>** obteniendo 0% de Severidad la cual nos indica que es un material óptimo para el desarrollo en diferentes modalidades de producción en suelos contaminados por dicho hongo el cual trae como consecuencia disminuir costos de producción.

Palabras clave: *Fusarium oxysporum* **R<sub>III</sub>**, Método de Inoculación, Jeringa, Severidad, Método de SCE con Jeringa.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate mundialmente ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas debido a sus diferentes modalidades de producción, entre las enfermedades más importantes que afectan a este cultivo se encuentra la marchitez vascular, cuyo agente causal es bien conocido como *Fusarium* spp. responsable de pérdidas en los rendimientos de hasta un 60%, afectando también la calidad del producto. Esta enfermedad afecta al menos 32 países en gran diversidad de condiciones, informándose hasta el momento, tres razas, las cuales se distinguen por su presencia en materiales que contienen genes de resistencia. En el estado de Sinaloa de hasta un 50% (Carrillo-Fasio *et al.*, 2003; García y Valenzuela, 2009). Los síntomas inicialmente se presentan con una clorosis foliar en un sector de la planta y a medida que la enfermedad progresa, el amarillamiento se observa de forma gradual en la mayor parte del follaje, ocasionando la marchitez y posteriormente la muerte de la planta, sin producir fruta o en ocasiones es escasa. El tejido vascular en la base del tallo presenta coloración castaño oscuro, extendiéndose hasta el extremo apical del tallo. El color pardo en la parte interna del tallo es característico de la enfermedad, por lo que es utilizado para su identificación, mientras que la médula permanece libre de la infección (Jones y Jiménez, 2001). El control químico trae como consecuencia el desarrollo de resistencia en los patógenos, así como problemas de contaminación y toxicidad. Así mismo, otros propósitos con el uso de injertos, son la tolerancia a estrés por temperaturas, tolerancia a la salinidad, tolerancia a condiciones de sequía del suelo y adicionalmente el incremento del vigor de la planta y aumentar el rendimiento (Godoy y Castellanos, 2009). En los últimos diez años la actividad hortícola en Sinaloa, principalmente en el cultivo de tomate ha venido sustituyendo su sistema de producción de campo abierto a cultivo protegido, con un incremento de superficie protegida de 65 hectáreas para el ciclo hortícola 1998–1999 a 2,485 hectáreas para el ciclo hortícola 2007–2008, de las cuales el 40.3 % (923 hectáreas) corresponden al cultivo de tomate, dividido en 679 hectáreas para tomate bola y 244 hectáreas a tomate Roma o Saladette (AMHPAC, 2008). En los cultivares resistentes, flavonoides del tipo de las catequinas y sus

productos de oxidación inactivan las enzimas, y la distribución secundaria es confinada a los puntos de infección inicial. Los síntomas más característicos y visuales causados por *Fusariosis* son el amarillamiento de las hojas más viejas junto con una epinastia avanzando a las hojas más jóvenes, las cuales entran en senescencia quedando adheridas al tallo de la planta, achaparramiento de la misma, necrosis radicular y el atrofiamiento en el sistema radicular hasta llegar a la muerte, el ataque por parte de *Fusarium* se puede dividir en tres etapas clave la primera en el estado de plántula junto a un complejo de otras enfermedades causando pudrición del cuello o *Damping off*, la segunda etapa se manifiesta en el inicio de la emisión de racimos florales y en plena producción del cultivo haciendo que los frutos no lleguen a la madurez de cosecha y pérdida de la planta. Una vez establecida la enfermedad se pueden utilizar programas preventivos por los agricultores y algunos inductores de resistencia que pueden aplazar los síntomas y efectos producidos, saneo de las plantas infectadas, evitar el contacto con herramientas y maquinaria que puedan diseminar la enfermedad a plantas y cultivos en terrenos sin incidencia del problema. Como prevención se realizan acciones de desinfección antes de establecer un nuevo cultivo, el uso de Variedades y/o Híbridos resistentes y tolerantes a *Fusarium* spp. Se conocen tres Razas en la actualidad, **R<sub>I</sub>**, **R<sub>II</sub>**, **R<sub>III</sub>**, lo que ha llevado a los Fito mejoradores a buscar alternativas en los Genes de Variedades silvestres capaces de Incorporar la Resistencia a los ataques de *Fusarium*, o. capaz de soportar los estragos causados por este patógeno **R<sub>I</sub>**, **R<sub>II</sub>** (González, Arias. 2012) que se encuentran presentes en la mayoría de las Variedades comerciales y/o Híbridos, mas no se ha tenido éxito al encontrar Variedades resistentes a *Fusarium* **R<sub>III</sub>**, sin embargo, se reportan porta Injertos exclusivos de alto costo, capaces de tolerarlo, pero se ha encontrado la inconveniencia que existe Incompatibilidad para su uso convencional junto con un elevado costo de los materiales que presentan esta resistencia.

## Objetivo General

- Evaluar el comportamiento, la resistencia y/o tolerancia Genética expresada por parte de las Líneas dispuestas ante el inoculo de *Fusarium*, o. **R<sub>III</sub>** a través de la técnica de inoculación en cinco Líneas de Tomate Extra Firmes y de Especialidad de diferente constitución Genética.

## Objetivos Específicos

- Determinar cuál de las Líneas Extra Firmes de hábito Semi-Indeterminado manifieste la posible resistencia a **R<sub>III</sub>** de *Fusarium* presenta la mejor respuesta a este patógeno de tolerancias a *Fusarium oxysporum* **R<sub>III</sub>**.
- Decretar cuál de las Líneas con resistencia y/o tolerancia genética ante *Fusarium* (**R<sub>III</sub>**).
- Evaluar la Severidad de *Fusarium oxysporum* (**R<sub>III</sub>**) En cinco Líneas de Tomate Extra Firmes y de Especialidad.
- Determinar el daño radicular con el objetivo de encontrar la posible resistencia al patógeno.

## Hipótesis

- Durante el desarrollo y evaluación del experimento los materiales Genéticos, al menos uno presentará resistencia y/o tolerancia adquirida positivamente ante los efectos causados por *Fusarium*, o. con respecto al testigo absoluto.

## Justificación

Una infección es cuando interactúa el patógeno con las células de humedad afectando la planta, el siguiente paso es la polinización donde crece y se expande el patógeno dentro tejido vegetal, la aparición de los síntomas es un indicativo de la enfermedad cuando al interior de la planta manifestando síntomas visibles como necrosis, clorosis, apinastia tejidos necróticos crecimiento irregular o anormal entre otros, (Viveinne Gepp, 2011).

Entre las enfermedades y problemas fitosanitarios limitantes de la producción del cultivo de tomate a nivel mundial y nacional es el marchitamiento vascular ocasionado por *Fusarium oxysporum* (**R<sub>III</sub>**) el cual tiene mayor incidencia en regiones de clima cálido, ocasionando grandes pérdidas económicas. Debido a la importancia de esta enfermedad en el valle de Culiacán Sinaloa, México. De acuerdo con la presencia de síntomas e infecciones en plántulas diferenciales, el 60% de las cepas se identificaron como (**R<sub>II</sub>**), y el 40% restante pertenecieron a la (**R<sub>III</sub>**) el más importante ya que afectan al cultivo del tomate en la marchitez vascular, cuyo agente causal es *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*, como el responsable de pérdidas en los rendimientos de hasta un 60%, afectando también la calidad del producto. Esta enfermedad afecta al menos 32 países en gran diversidad de condiciones, informándose hasta el momento, tres razas, las cuales se distinguen por su virulencia en materiales que contienen genes de resistencia. (Carrillo-Fasio, *et al.*, 2013).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una de las hortalizas más consumidas en el mundo y es atacada por numerosas enfermedades, entre las cuales, está la marchitez vascular, causada por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. El patógeno, por ser habitante del suelo, es difícil de manejar. Una vez el suelo se infesta puede permanecer con el patógeno por tiempo indefinido. (FAOSTAT, 2014). Es considerado como la hortaliza número uno a nivel mundial, su producción y comercio se han extendido a nivel mundial, es un cultivo de clima cálido, aunque es posible establecerse bajo condiciones de agricultura protegida siendo capaz de producirse durante todo el año, es uno de los cultivos hortícolas más versátiles, muy noble y complejo a la vez. En el cultivo de tomate se pueden desarrollar todas las actividades culturales de manejo habidas y por haber, del mismo modo se manifiestan una gran cantidad de plagas y enfermedades que pueden causar graves daños al cultivo debido a su palatabilidad que atrae todo tipo de plagas. Al ser un cultivo muy versátil y debido a su alta demanda propicia una gran diversificación para satisfacer los distintos nichos de mercado, destinándose a su consumo en fresco y procesado por lo cual encontramos una amplia gama de Tipos y Variedades siendo los más comunes: bola o Beef, roma o saladette y especialidades, lo cual lleva a los mejoradores y casas semilleras crear Variedades e Híbridos más apropiados a los deseos de los clientes, en el cultivo de tomate se encuentran variedades de habito de crecimiento determinado e indeterminado, su producción puede realizarse bajo diferentes sistemas de producción según la tecnología disponible, en suelo a campo abierto o bajo agricultura protegida como en el caso de invernaderos de baja tecnología y casa sombra, mediana tecnología cubierto con plástico en semi-hidroponía, invernaderos de alta tecnología con cobertura de vidrio de luz difusa o plástico, en México se establecen dos ciclos de producción al año siendo el ciclo Primavera-Verano y Otoño-Invierno. Todo esto hace que la industria tomatera se incremente día a día para mantener el consumo y demanda a nivel nacional e internacional.

El síntoma del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en una planta de tomate B. Síntoma en detalle de la obstrucción del xilema; C. Síntoma detallado de la enfermedad en la base de una planta de tomate; D. Macroconidios de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. La combinación de estos procesos, llamado taponamiento de los vasos por micelio, esporas, gel, gomas y tálides y el aplastamiento de los vasos por proliferación de células adyacentes de parénquima, es la responsable de la marchitez (Yadeta & Thomma, 2013).

La infestación por *Fusarium* provoca marchitez y amarillamiento en las hojas más viejas de la planta pudiendo ser de forma parcial o total, las hojas al morir quedan unidas al tallo, los daños al tallo se observan con un cambio de coloración marrón-rojizo en el tejido vascular causante taponamiento y evitando a translocación de agua y foto asimilados, la enfermedad es más frecuente y severa en cultivos establecidos en zonas de clima cálido e invernaderos lo cual presenta molestias a los productores incrementando los costes de producción en fungicidas y uso de patrones resistentes. Fue descrito por primera vez en Inglaterra desde entonces se han encontrado mutaciones debido a su facilidad de adaptarse a nuevos medios por lo cual se han clasificado en tres razas, **R<sub>1</sub>**, **R<sub>2</sub>**, **R<sub>3</sub>**, la **R<sub>1</sub>** fue descrita en 1886 y se encontró resistencia genética en materiales de *Solanum pimpinellifolium*, para 1945 en Ohaio se identificó como **R<sub>2</sub>** a una nueva cepa con una patogenicidad más agresiva y severa que **R<sub>1</sub>**, para esta nueva raza se ogra encontrar resistencia en la hibridación de *S. esculentum* x *S. pimpinellifolium*, en Australia se encontró una nueva variante de *Fusarium* capaz de sobrepasar las barreras de defensa desarrolladas para naturalmente por los genetistas en 1978 dando origen a la **R<sub>3</sub>**. (Cai 2003; Chemelli y Dankers,1992)

De los problemas fitosanitarios más comunes que atacan a la raíz se encuentra la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*, es un hongo tanto saprofito del suelo como un hongo especializado relacionado estrechamente con el hospedero que infeste, es posible encontrarlo prácticamente en todas partes del mundo donde se cultive tomate, puede sobrevivir indefinidamente en el suelo en

forma de clamidosporas y micelio en restos de plantas hospederas, en la actualidad se considera a dos especies como las que causan más daños económicos para la horticultura siendo *Fusarium oxysporum* y *f. lycopersisi* los que causan más estragos en las Solanáceas (Villa Martinez, 2014).

Se han identificado tres razas del hongo, conocidas como razas 1, 2 y 3 o 0, 1 y 2, las cuales, se han identificado I-1, I-2 e I-3, confiriendo resistencia al patógeno, a través de genes dominantes (Scott et al. 2004; Panthee & Chen, 2010). Según Inami et al. (2012), la raza 2 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* emergió de la raza 1, por la pérdida del gen *avr1* o a través de la pérdida de la función del Gen, por la inserción de un trasposon, mientras que la raza 3 emergió cuando un punto de mutación ocurrió en el Gen *avr2*. Diferentes razas del hongo portan en varias combinaciones tres genes de avirulencia, a saber: *avr1*, *avr2* y *avr3*, que activan respuestas de defensa contra el hongo, al ser reconocidos por los correspondientes Genes de resistencia en tomate (Antoun, 2013).

La fuente de resistencia a esta nueva raza se encontró en la especie silvestre *Solanum pennellii* designando al locus que le confiere control a esta raza de *Fol* (1-3) (Mc Grath et al., 1987).

Con la finalidad de reducir las pérdidas económicas debido a las enfermedades, los agricultores aplican grandes cantidades de productos químicos por ciclo de producción y en ocasiones sin tener un control adecuado sobre el número y momento de las aplicaciones, lo que da lugar a mayores costos de producción y contaminación ambiental.

Las estrategias para combatir la marchitez vascular constan desde aplicaciones de fungicidas al suelo, uso de patrones resistentes y variedades mejoradas y el uso de inductores de resistencia, más sin embargo, cada vez se encuentran más restricciones en cuanto a las aplicaciones de ciertos agroquímicos utilizados comúnmente como caballitos de batalla, por lo cual la alternativa más factible es el uso de variedades y patrones mejorados sin embargo aún no se han encontrado variedades resistentes en el mercado abierto lo contra *Fusarium R3*.

La inoculación de patógenos en plantas sanas se realiza con la finalidad de reproducir los síntomas causados por una enfermedad, se puede realizar con diferentes propósitos de investigación como el conocer la cantidad mínima para producir una infección mínima, conocer las características fenológicas y ambientales en las que prospera la enfermedad o conocer su patogenicidad, evaluar un nuevo control contra la enfermedad o poner a prueba ciertos productos preventivos y curativos. Independientemente de cuál sea el caso se debe tener en cuenta factores clave como la forma de penetración natural del inoculo, la etapa donde es susceptible la planta, tener un inoculo viable, presentar las condiciones ambientales para que se desarrolle el patógeno entre otras (Eduardo R.F, Teddy T.H. 1980).

La producción nacional durante el año 2016 fue cultivadas 51,861 hectáreas con una producción de 3.35 millones de toneladas producidas, siendo los principales estados productores: Sinaloa, Sonora, Oaxaca, S.L.P., Baja California Sur, Michoacán, Querétaro, Baja California, Chiapas, Zacatecas, Jalisco y Guanajuato (SIAP, 2018).

## Caracterización del Material Genético

### 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 oxisporum*) presenta resistencia a las razas **R<sub>I</sub>** y **R<sub>II</sub>**, VMT, V, St, N 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).

### **Método de Inoculación con Jeringa**

Se realiza con jeringa de tamaños dependiendo la cantidad de esporas y ml. sirven para distintos propósitos de inoculación, se pueden inocular bacterias como *Erwinia*, *Pseudomonas* inoculándose a sistema vascular de la axila de a hoja, esporas de la Roya inyectándose al cuello de la planta de cereales en forma de suspensión de esporas mostrando signos de infección algunos días después de la inoculación (Eduardo R.F, Teddy T.H. 1980).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización del Área Experimental

El presente trabajo de investigación, se realizó en un invernadero con cubierta de fibra de vidrio del área experimental del Departamento de Parasitología, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, localizado entre las coordenadas geográficas latitud N 25° 21'13" y longitud O 101° 01'56" a una altura de 1742 msnm. Durante el ciclo Primavera – Verano del 2019.



Figura 1 Ubicación del experimento en la UAAAN campus Buenavista

#### Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en un arreglo factorial de AXB, donde A representó cinco líneas y B dos tratamientos, manejando solo los Genotipos como tratamientos en la intersección del tallo y raíz y con una dosis única de Suspensión Concentrada con 2 ml. En Jeringa con Esporas de *fusarium*, o.  $R_{III}$  de  $10^6$ .

A los datos obtenidos se les efectuó un análisis de varianza y una prueba de comparación múltiple de medias con el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) fueron analizados con el programa R Core ver 3.2.5 (R Core Team, 2016).

## Material Genético

El Material Genético utilizado fueron los siguientes:

Cuadro 1 Material genético utilizado.

No. De tratamiento	Material Genético	Habito de Crecimiento
T1	TVD-005*	Determinado ( <b>sp</b> )
T2	TRHS*	Indeterminado ( <b>Sp</b> )
T3	TLHE-0007*	Indeterminado ( <b>Sp</b> )
T4	TLHE-0009*	Indeterminado ( <b>Sp</b> )
T5	VILLA NARRO®**	Semi-indeterminado ( <b>Sp</b> )

\* Primera etapa de establecimiento

\*\*Segunda etapa de evaluación

Dicho material utilizado para el experimento forma parte de un programa de mejoramiento genético de tomate realizado por el M.C Alfredo Sánchez López, cuyas características son el ser de crecimiento Semi-Indeterminad, alta vida de anaquel, extra firmes, alta calidad nutracéutica, tamaños de fruto homogéneos desde el inicio hasta el final de cosecha, entrenudos entre racimo y racimo cortos, entre otras cualidades.

## Material Biológico para Inoculación

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.

El aislamiento, enriquecimiento y multiplicación de la muestra se realizó en el laboratorio de Parasitología molecular de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en cajas Petri en un medio de cultivo de agar papa dextrosa (PDA) para su identificación.

## Metodología de Extracción para la Suspensión Concentrada de Esporas (SCE)

La suspensión concentrada de esporas se obtuvo a partir de una caja de petri con medio de cultivo saturada con crecimiento de *Fusarium oxysporum*, con la ayuda de un bisturí retirando dicho cultivo de hongo, licuando en un litro de agua hasta obtener la cantidad esperada continuamente se observó en el microscopio compuesto y se realizó el conteo de esporas correspondiente. Con esto se determinó que la concentración de esporas fue de  $9 \times 10^6$  (9,000,000 esporas/ml), se colocaron 2 ml de dicha solución por planta.

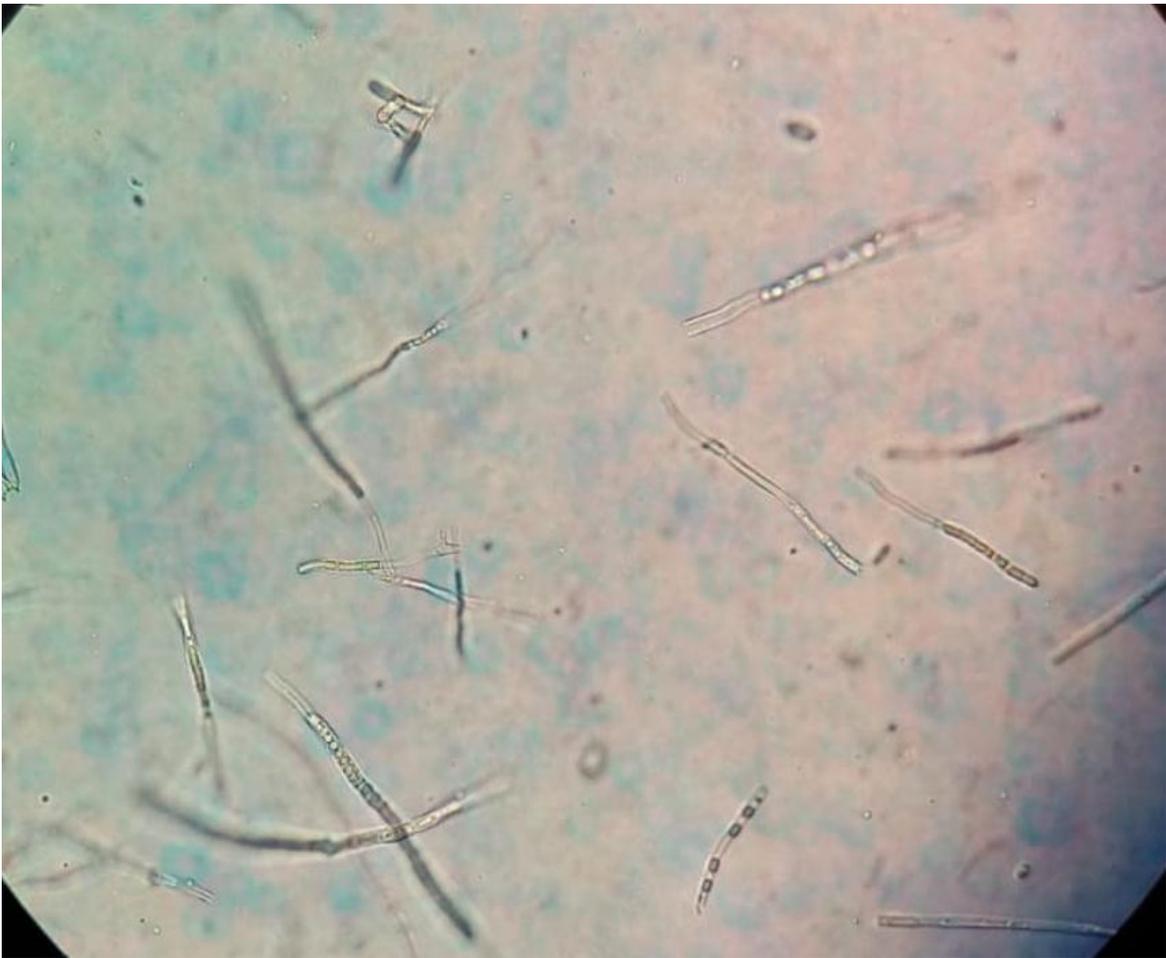


Figura 2 Observación microscópica de *Fusarium oxysporum R<sub>III</sub>*

## **Preparación de Camas y Establecimiento del Cultivo**

El experimento se realizó en camas de 10 m de largo X 90 cm de ancho y 40 cm de alto, se utilizó tierra extraída de banco no tratada solamente cribada, se establecieron en un marco de plantación a doble hilera, de 20 cm entre planta X 30 cm de separación entre tratamientos. Se realizó un nivelado de las camas eliminando piedras y terrones, así como una fertilización de fondo básica de NPK, se colocó un sistema de riego con cintilla calibre 6,000 con los emisores a 30 cm de distancia entre emisores y con una separación entre cintilla de 30 cm con los emisores hacia arriba. Se dio un riego pesado de asiento con el propósito de llevar a capacidad de campo para facilitar el trasplante y así evitar deshidratación y daño al sistema radical de la plántula.

## **Manejo Experimental**

El experimento se dividió en dos etapas iniciando la primera etapa el día 19 de diciembre de 2019, iniciando con el trasplante de las plántulas de tomate de Especialidad y Testigo previamente germinadas en charolas de poli-estireno de 200 cavidades concluyendo el 3 de abril. Y la segunda etapa inicio el día 08 de mayo del 2019 para corroborar la presencia de *Fusarium oxysporum* R<sub>III</sub> e Identificación del mismo, iniciando con el trasplante en bolsas negras con aproximadamente 3.5 kg de tierra de bosque, mezcla de perlita y una base de 2.5 gr. De lombriz-composta para su desarrollo y toma de datos de las variables en Estudio, concluyendo el día 18 de junio del presente año.

Durante el desarrollo vegetativo se realizaron aporques, escardas, conducción y podas y riegos para mantener la humedad requerida para proporcionar las condiciones para el desarrollo del hongo según se requerían, dicha actividad se realizó mantener mullido el suelo y libre de malezas, manteniendo la aireación del suelo y dar mayor sostén a las plantas y estacones. Las únicas podas que se realizaron fue el desbrote inicial (eliminar mamones, chupones y foliolos de la

horqueta hacia abajo de manera manual con el propósito de facilitar aireación y vigor a la planta.

Se etiquetaron los tratamientos por Genotipo, así como las repeticiones respectivamente de la siguiente manera:

T.A: T1 TVD-005 Testigo absoluto

T.A: T2 TRHS® Testigo absoluto inoculado

T3: TLHE-0007 inoculado con *Fusarium oxysporum* RIII.

T4: TLHE-0009 inoculado con *Fusarium oxysporum* RIII.

T5: VILLA NARRO® inoculado con *Fusarium oxysporum* RIII.



Figura 3 Labores culturales de aporques, escardas, conducción y podas y riegos

## Trasplante

El trasplante se realizó el día 19 de diciembre del 2019 efectuándose manualmente cuando las plántulas contaban con cuatro hojas verdaderas, se realizó a una distancia de 20 cm entre plantas y 30 cm entre tratamientos, después del trasplante se realizó un riego de asiento por medio de un sistema de riego por cintilla calibre 6,000, el fin de eliminar los espacios porosos presentes con aire en el suelo y evitar estrés por deshidratación en la planta.

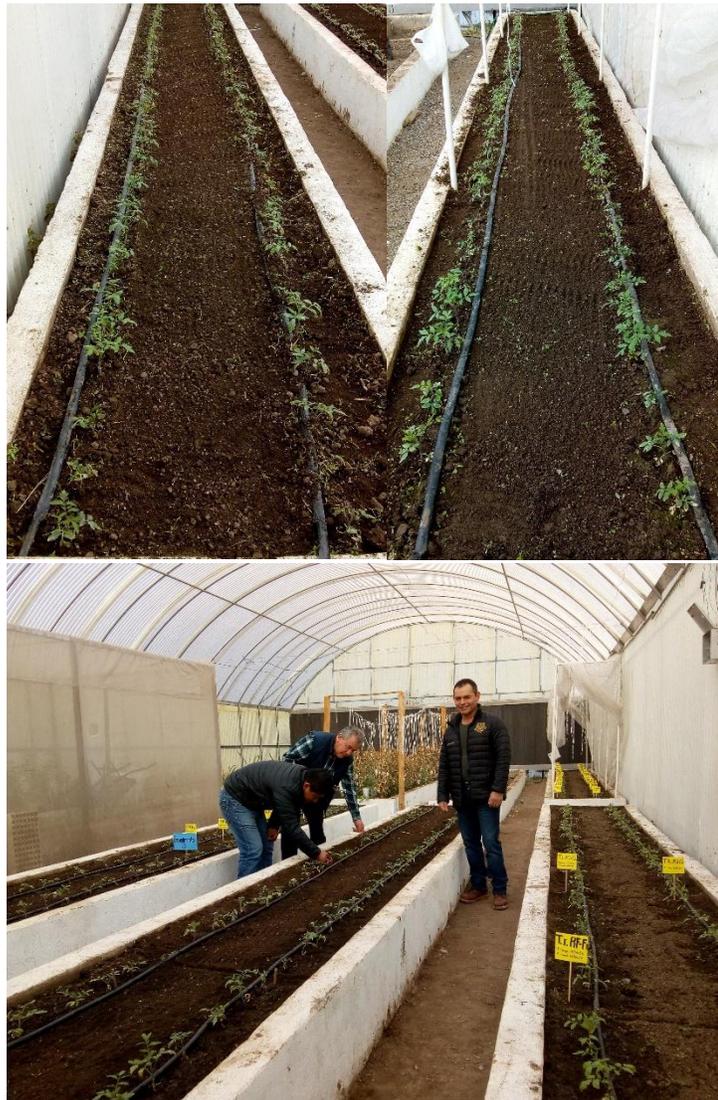


Figura 4 Trasplante y riego de asiento.

## Riegos de Auxilio

Los riegos se realizaron mediante riego por goteo de acuerdo a las necesidades hídricas efectuándose diariamente por un rango de media hora a dos dependiendo de la temperatura interior, para mantener la planta en un estado hídrico óptimo y evitar supresión de raíz y reventa miento de las mismas causado por el desbalance hídrico.



Figura 5 Riegos por medio se sistema de cintilla

## Sistema de Conducción

El sistema de conducción aplicado fue el regional modificado modificado, efectuándose después del trasplante, se utilizaron carrizos tratados con cloro y captan para su desinfección posteriormente en medio de la hilera de aproximadamente 2.40 m, encajando 40 cm para un mejor sostén, se utilizó rafia agrícola colocándose cada 30 cm de altura cuidando no dañar la planta y que creciera de una manera libre y natural, eliminando mamones, foliolos de la orqueta hacia abajo, brotes axilares para su formación a dos tallos dejando como segundo tallo al brote emitido debajo del primer racimo floral.



Figura 6 Sistema de conducción modificado modificado empleado en el experimento con el respectivo tratamiento de desinfección de carrizos.

## Material de Campo

- Libreta de campo
- Lápiz
- Flexómetro con capacidad de 3m
- Vernier electrónico
- Etiquetas
- Cámara fotográfica
- Rafia
- Navaja
- Carrizo
- Bolsas negras 5kg.
- Lombriz- composta
- Tierra de Bosque
- Cintilla calibre 6000
- Regadera

## **Metodología de Inoculación con Suspensión Concentrada de Esporas con Jeringa**

Para la inoculación con suspensión concentrada de esporas se colocaron 2 ml de solución en una jeringa de 3ml. directamente a la planta entre la epidermis y los haces vasculares ocasionando daño mecánico en el cuello de la planta y la raíz.



Figura 7 Inoculación con suspensión concentrada de esporas con jeringa.

### **Variables Agronómicas Evaluadas**

Las variables que se evaluaron durante el desarrollo del experimento fueron las siguientes:

- Altura de planta
- Diámetro del tallo
- Longitud de raíz (vertical y horizontal)

### **Variable Fitopatológica**

- Severidad (S). En Daño de Raíz.

## Evaluación de las Variables Agronómicas

### Altura de planta

Se realizaron muestreos periódicos cada semana tomando como el inicio de la toma de datos el día de la inoculación, en cuanto a altura con la ayuda de un flexómetro tomándose en cm. desde la base del tallo hasta el punto de crecimiento.



Figura 8 Medición de altura con flexómetro.

## Diámetro

La toma de datos para el diámetro del tallo se realizó con un vernier electrónico, tomándose a un centímetro de altura estando de manera horizontal de manera perpendicular al tallo anotándose la lectura en mm.



Figura 9 Medición de diámetro de tallo.

## Severidad

Se evaluó visualmente de acuerdo a una escala de severidad estimada y observada con una escala de 0-5, donde se consideró:

- 0 plantas sin síntomas visuales en la parte aérea, radicar y en el tallo
- 1 plantas con daños mínimos al tallo o raíz
- 2 plantas con daños mínimos presentes tanto en tallo y raíz
- 3 plantas con daños moderadamente severos en tallo o raíz
- 4 plantas con daños moderadamente severos al tallo y raíz
- 5 Plantas muertas

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

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

Donde:

S= severidad

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

n= número de plantas evaluadas

k= grado mayor de la escala

Se realizó en dos etapas considerándose como etapa uno (E1) el día 3 de abril del 2019. La etapa dos (E2) se evaluó el día 18 de junio del 2019, tomándose datos de severidad, altura y diámetro del tallo.

Para tomar los datos de severidad se extrajo la planta con pala procurando retirar todo el cepellón, posteriormente se eliminó el exceso de tierra sacudiendo la planta para finalmente lavarse con agua potable para eliminar la mayoría de impurezas y observar síntomas de daño en el sistema radicular. Se realizó un corte longitudinal en tallo y raíz con una navaja para observar los haces vasculares y poder determinar los daños causados por *Fusarium*, o. en el Xilema, finalmente se realizó otro corte

transversal en donde se presentaban los daños de acuerdo a la metodología de Carrion en 2016.



Figura 10 Evaluación de severidad de acuerdo a la escala establecida.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Análisis de varianza

El resultado de esta investigación refleja una diversidad de ventajas al utilizar diferentes Genotipos de tomate de Especialidad entre de tipo Beef manejados en dos modalidades al establecimiento que fue en camas y macetas, encontrándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables de Altura de planta (AP), Diámetro de Tallo (DT) y Severidad (S).

Los valores promedios de los análisis de varianza realizados en esta investigación para las cinco variables medidas y estimadas se presentan en el cuadro 1. En este cuadro los niveles de significancia de los valores estadísticos de f, están referidos a la ( $p < 0.05$ ) para diferencia significativa (\*) y no significativo (NS)

El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencia significativa con el método de Tukey al ( $p < 0.05$ ) para las variables Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT) y Severidad (S) entre tratamientos (Cuadro 2). Las cuáles serán discutidas a continuación.

Los resultados del ANVA no mostraron diferencia significativa con el método de Tukey al ( $p > 0.05$ ) para las variables Longitud vertical de raíz (LVR) y Longitud horizontal de raíz (LHR) (Cuadro 2).

Cuadro 2 Valores promedios de tomate de Líneas Extra Firmes y de Especialidad de diferentes hábitos de crecimiento.

Cuadro de valores promedio					
TRATAMIENTO T.	AP (cm)	DT (cm)	LVR (cm)	LHR (cm)	S %
T.A TVD-005	29.93 d	4.10 d	27.33 a	37.33 a	27.00 g
T.A TVD-005 (I)	40.80 cd	4.36 d	32.90 a	41.30 a	53.00 d
T.A TRHS®	52.37 bcd	5.13 cd	19.33 a	26.66 a	40.00 e
T.A TRHS® (I)	41.57 cd	4.33 d	23.00 a	32.00 a	33.00 f
TLHE-0007	140.50 a	6.06 bcd	40.50 a	28.50 a	73.00 c
TLHE-0007 (I)	112.67 ab	6.13 bcd	35.41 a	35.66 a	93.00 a
TLHE-0009	132.33 a	9.26 a	32.16 a	21.00 a	87.00 b
TLHE-0009 (I)	106.83 abc	8.64 a	32.91 a	24.00 a	93.00 a
VILLANARRO®	49.18 bcd	7.48 ab	31.33 a	26.00 a	0.00 h
VILLANARRO® (I)	43.80 bcd	7.36 abc	31.33 a	38.83 a	0.00 h
C.V.	31.90	12.65	36.12	29.89	1.99

(AP)=Altura de planta; (DT)=Diámetro de tallo; (LVR)=Longitud vertical de raíz; (LHR)=Longitud horizontal de raíz, (S)=Severidad, (T.A.) Testigo Absoluto y (I)=Inoculado. Tukey (p=0.05).

## Altura de planta (AP)

En esta variable se encontró diferencia significativa para las progenies TLHE-0007 y TLHE-0009 mostrando 1.40 m y 1.32 m respectivamente un mayor vigor que el resto de las Líneas seguido por el testigo comercial T.A TRHS® con una altura de 0.52 m. (Cuadro 2 y Figura 11). para esta variable el coeficiente de variación fue de 31.90 lo que no es muy aceptable sin embargo esto es de esperarse por la diversidad del material genético.

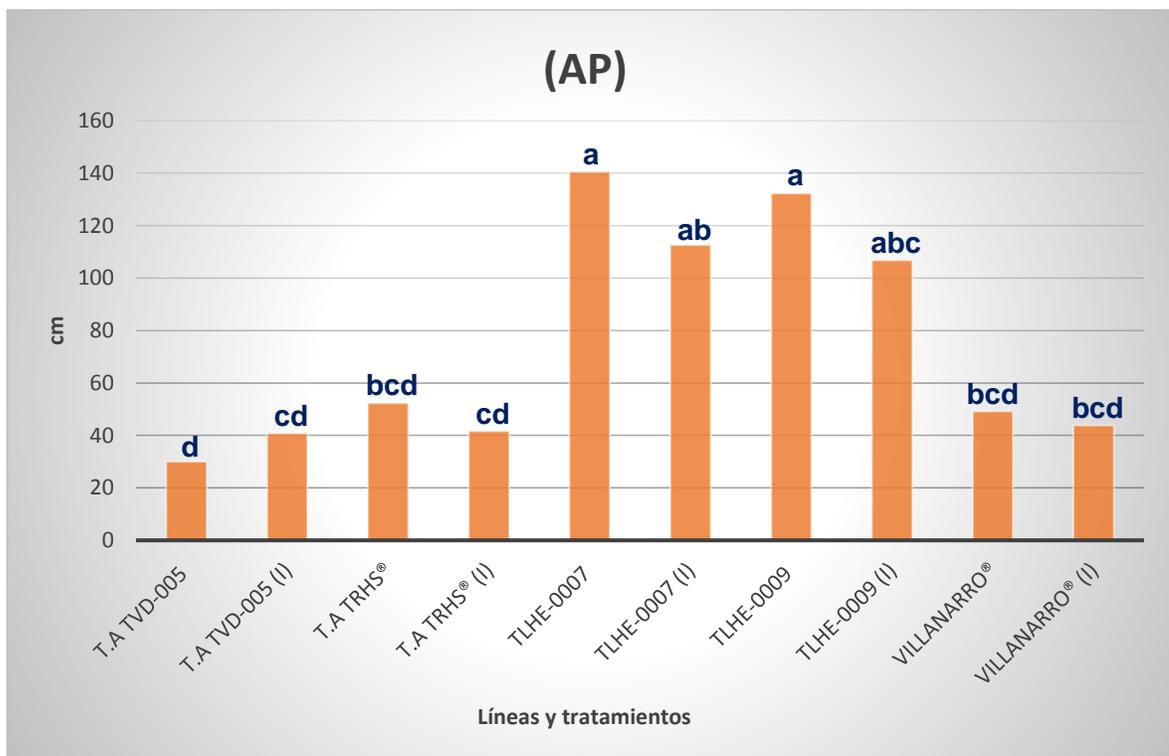


Figura 11 Altura de planta de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas evaluada.

## Diámetro de tallo (DT)

El diámetro de tallo es una característica Genética de suma importancia para la formación de nuevos Genotipos, considerando que es un carácter que manifiesta vigor del dosel de la planta en su formación y para desarrollo de las diferentes etapas fenológicas, así como la capacidad de sostén de la planta en la parte aérea para ser manejada bajo un sistema de poda según lo determine el productor y la modalidad en la que se establezca. En esta característica se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la evaluación que fue realizada lo que significó que en las progenies evaluadas manifestaron diferente comportamiento durante las etapas de evaluación destacando entre estas TLHE-0009 y VILLANARRO® no inoculadas. La expresión de este carácter está dado por el tratamiento que se le aplico durante la inoculación siendo una respuesta diferente para los genotipos no aplicados testigos (Cuadro 2, y Figura 12). Con coeficiente de variación de 12.65 para esta característica.

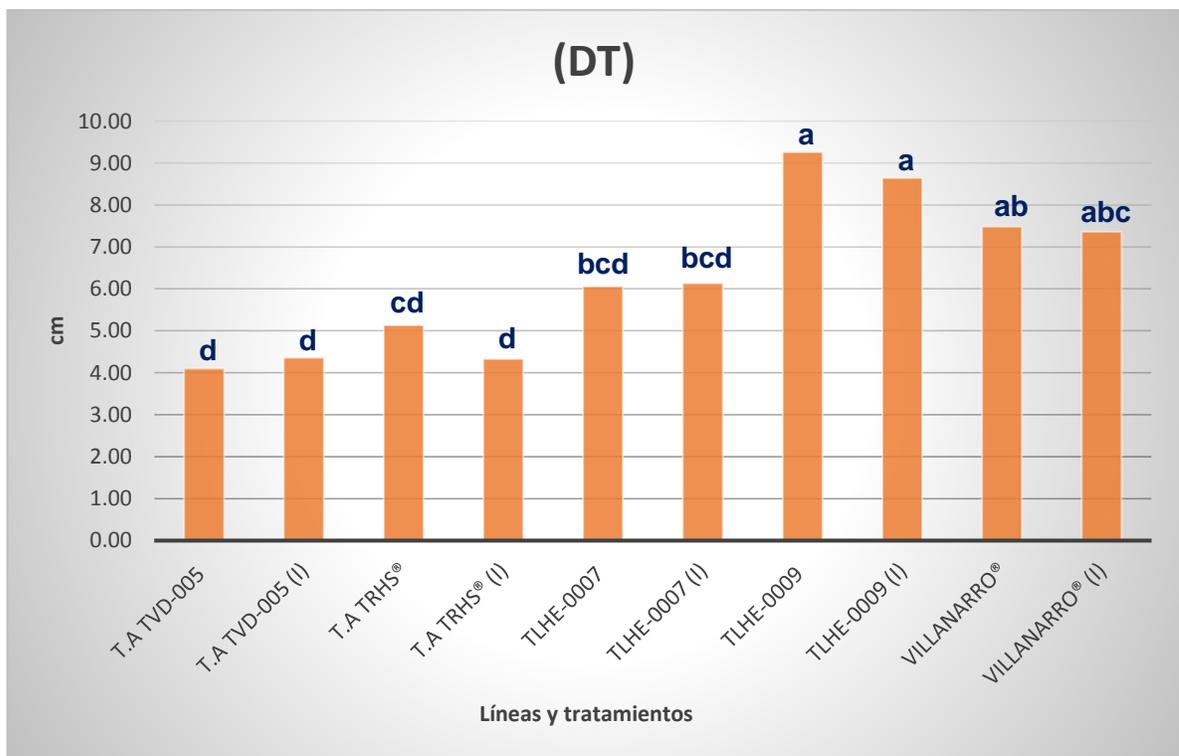


Figura 12 Diámetro de planta de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas.

## Longitud vertical y horizontal de raíz (LVR - LHR)

En esta variable de longitud vertical se observa que no hay efecto significativo ( $p>0.05$ ) de las Líneas sin embargo de manera gráfica se observa que las Líneas TLHE-0007 y TLHE-0009 (Cuadro 2 Figura 13), a si como la variable de longitud horizontal para las Líneas (T.A) TVD-005 (I) y VILLANARRO® (I) (Figura 14) lo que se demostró que en esta característica en los materiales evaluados se comportaron de la misma forma, sin embargo la raíz es un carácter de suma importancia para la formación de nuevos Genotipos, ya que a través de este carácter la planta absorbe los nutrientes y necesidades hídricas en las etapas vegetativas reproductivas por lo que deberá ser considerado un carácter de importancia con el que se cuente nuevo material. con un coeficiente de variación de para ambos caracteres de (LVR) 36.12% Y (LHR) 29.89%.

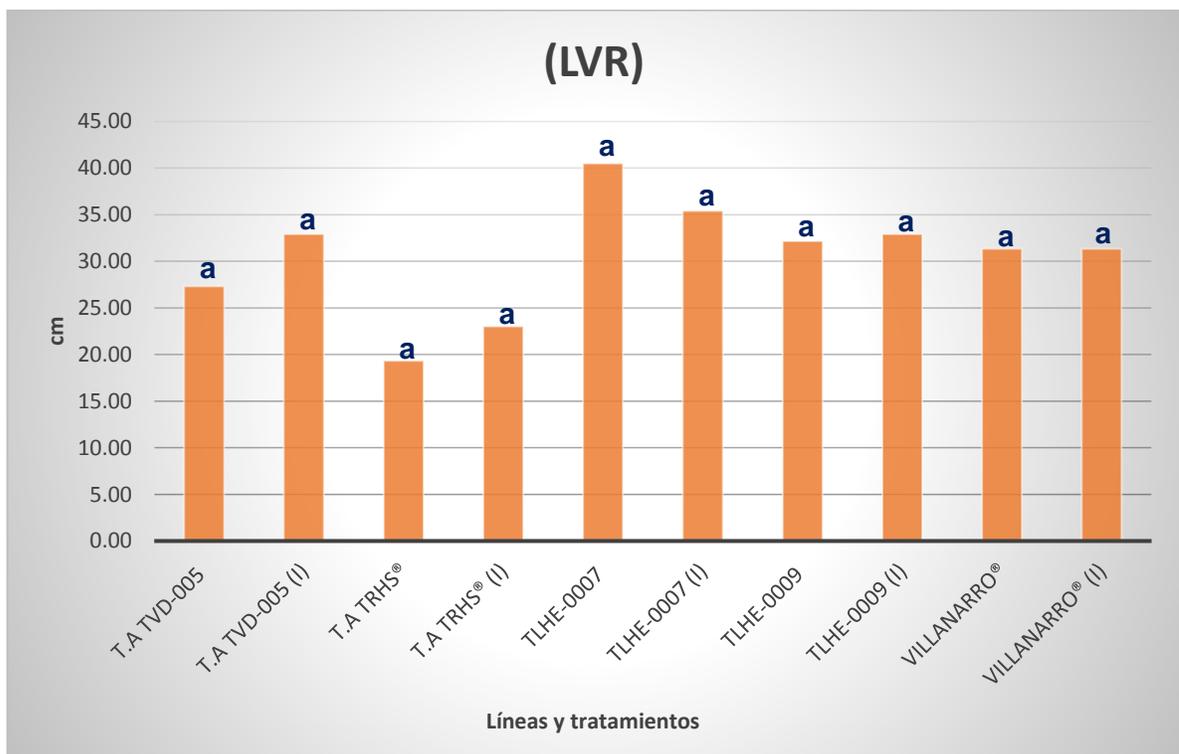


Figura 13 Longitud vertical de raíz de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas.

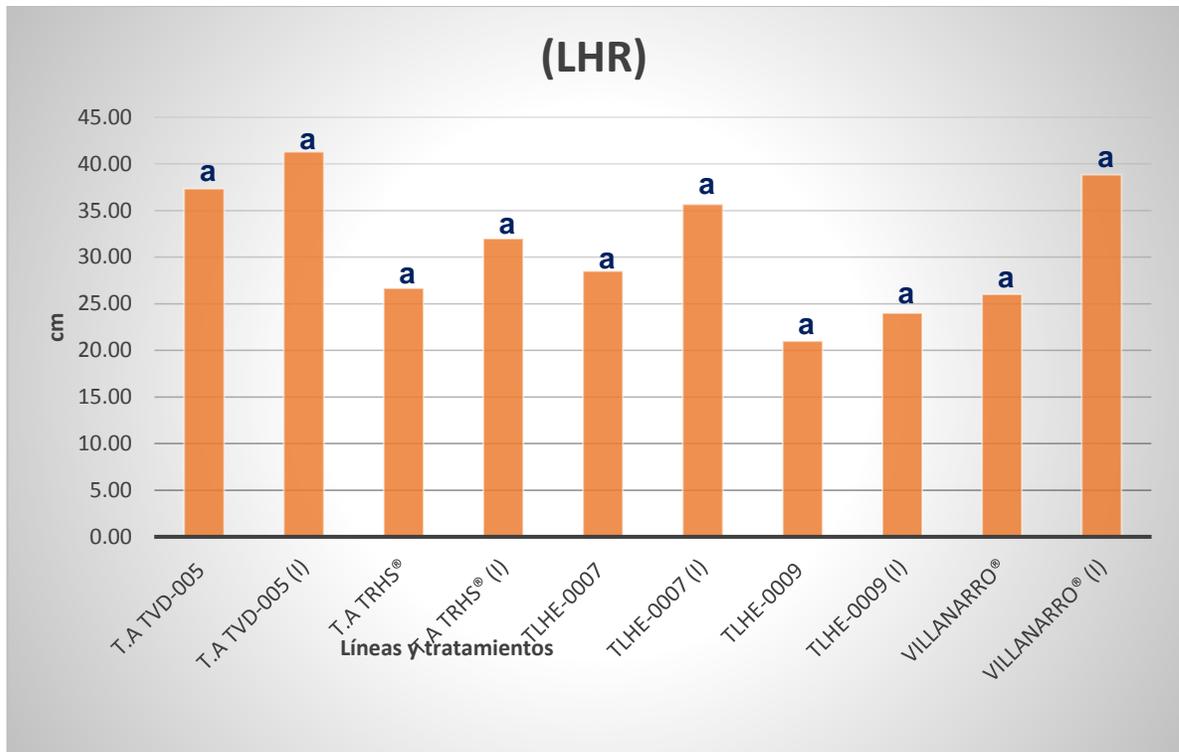


Figura 14 Longitud horizontal de raíz de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas.

## Severidad (%)

La prueba de comparación de medias con el método de Tukey con una significancia de probabilidad de 0.05 y un C.V. 1.99 para la severidad con el método de inoculación de jeringa en el cuello de la planta lo anterior demostró que los Genotipos con más alto grado de severidad fueron TLHE-0007 inoculado, TLHE-0009 inoculado seguido por el resto de las líneas (Cuadro 2), al observar la severidad más baja para *Fusarium oxysporum* R<sub>III</sub> en la Variedad VILLANARRO® (Figura 15). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Moreno 20018 donde determino que con la técnica de polillo de madera arriba de los cotiledones no afecto en daño severo obteniendo un 99.66% de no daño con esta técnica de inoculación en un ensayo establecido para posibles efectos de esta raza.

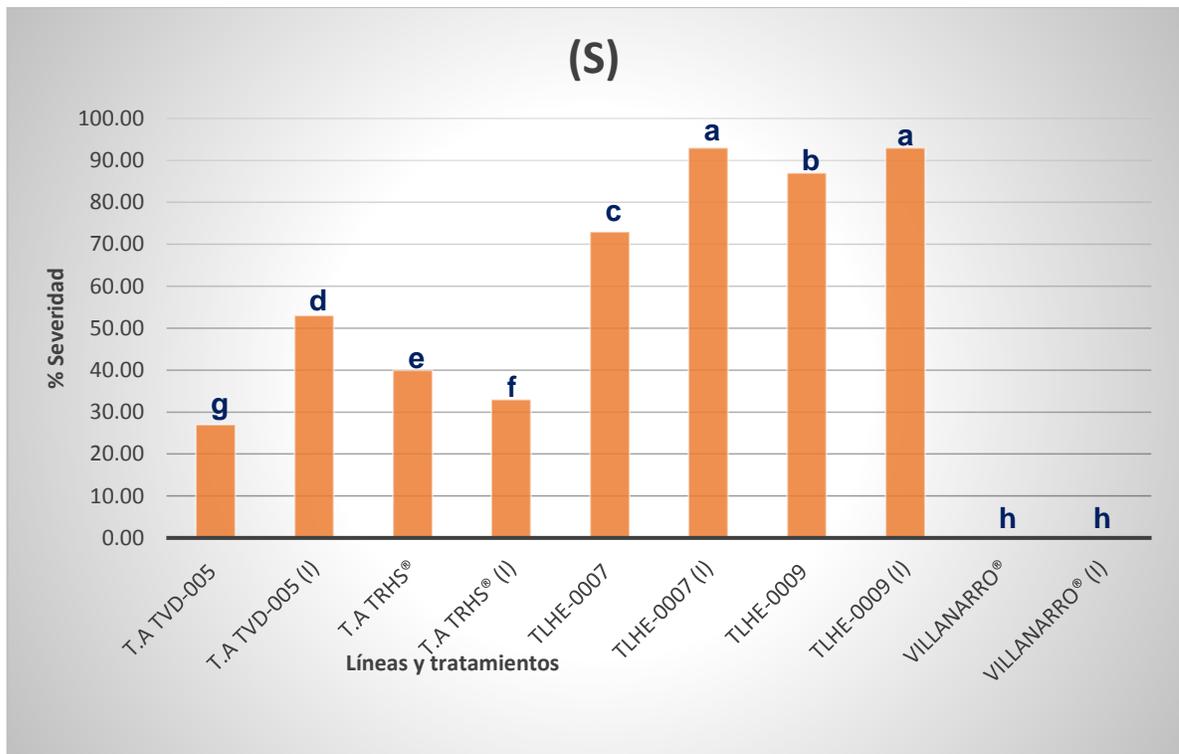


Figura 15 (%) Severidad de 5 Líneas de Tomate 2 Testigos Absolutos y 3 Líneas a evaluadas.

## EFFECTOS DE LAS INTERACCIONES

Interacción Genotipo-Tratamiento

### Altura de planta

Las interacciones determinadas para los factores Genotipo-Tratamiento de acuerdo al análisis de varianza se encontraron una relación con un CV. 31.92 con el método de inoculación 2 ml. De inoculo en el cuello de la planta, encontrándose en el grupo de genotipos diferencias significativas por la diversidad de los materiales evaluados (Indeterminados - Semi-indeterminados y Determinados)., dada esta característica las mediciones obtenidas fueron diversas (Figura 16), en la interacción respectiva manifestaron diferente comportamiento.

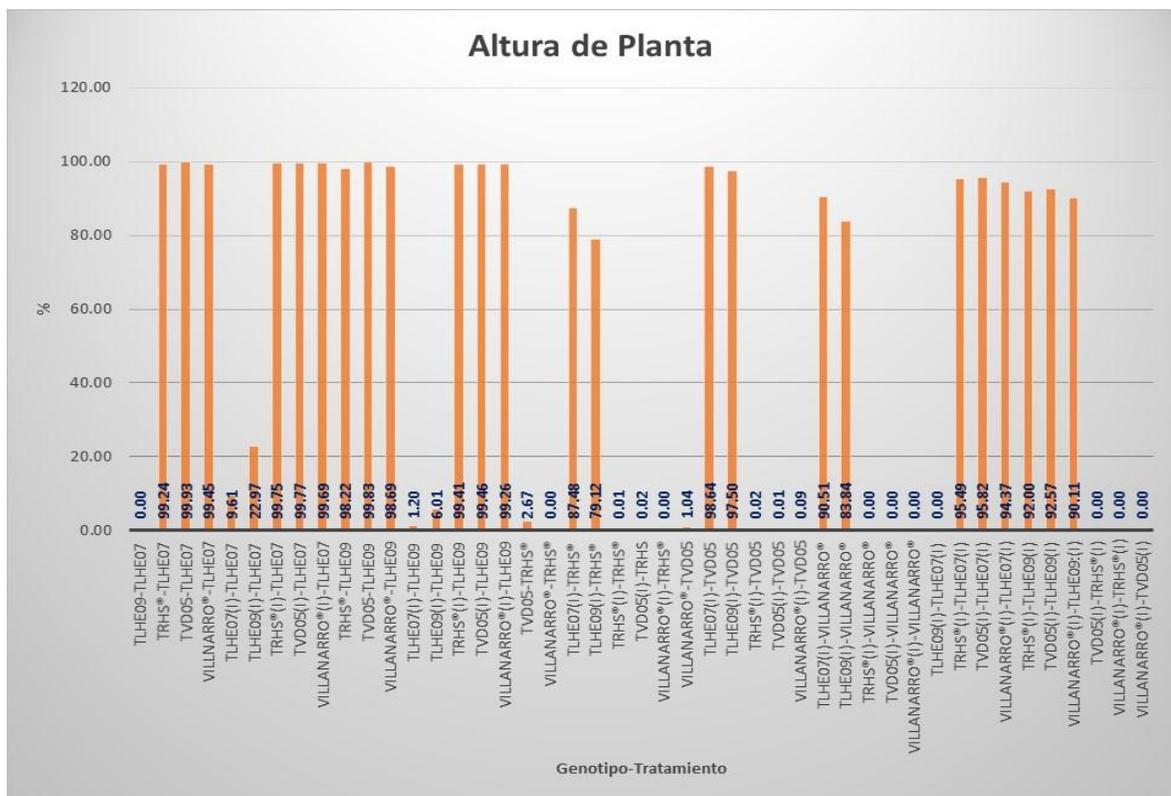


Figura 16 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Altura de planta.

## Interacción Genotipo-Tratamiento

### Diámetro de tallo

El diámetro de tallo es una característica que manifiesta un material desde el inicio de germinación, trasplante y desarrollo fenológico, al realizar los análisis correspondientes se encontró un CV. 12.65 con el método de inoculación y el testigo absoluto, para este carácter interacción mayo fue para TRHS® Inoculado y TLHE09 Inoculado con un porcentaje de 99.99% seguido por VILLANARRO® y TVD05 con el porcentaje de 99.82% el resto de los genotipos presento una variación menor (Figura 17), dado que este carácter es heredable dentro la formación de un material genético y a la vez se manifiesta durante el desarrollo vegetativo reproductivo de la planta durante la etapa fenologica.

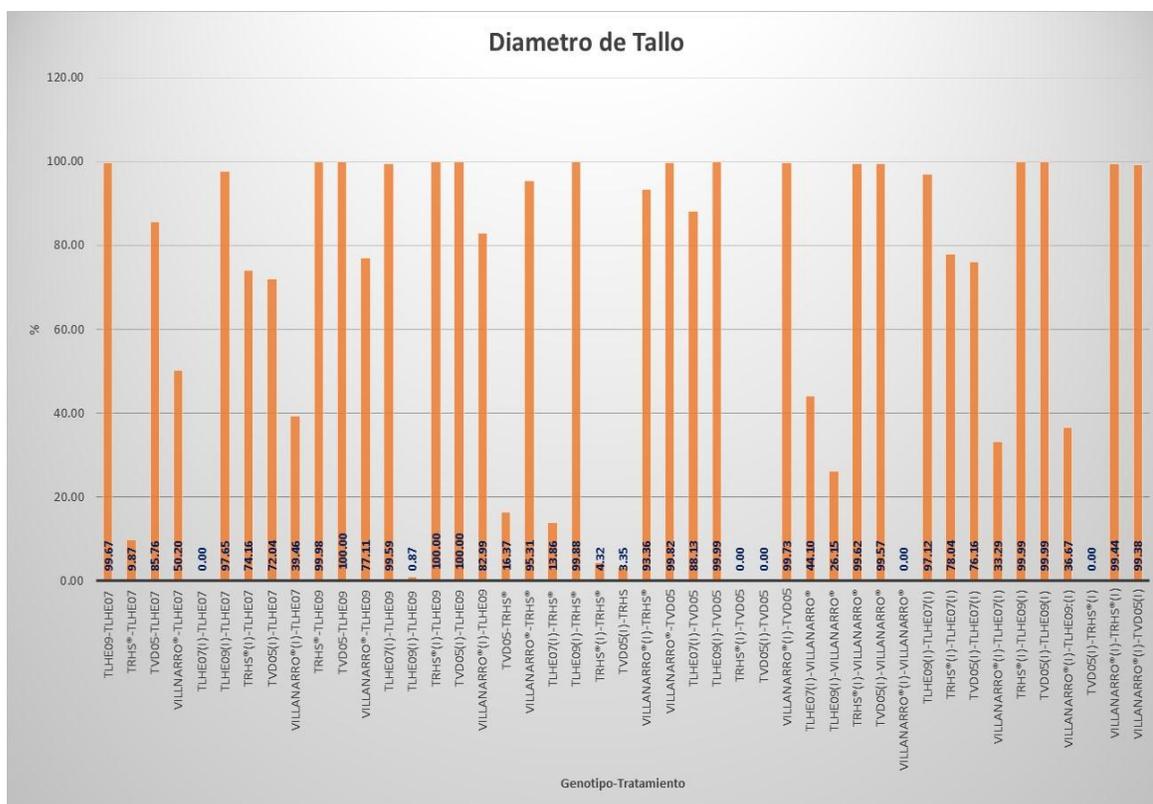


Figura 17 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Diámetro de tallo.

## Interacción Genotipo-Tratamiento

### Longitud Vertical de Raíz

En el sistema radicular de la raíz vertical fue muy notorio para algunos Genotipos presentando un C.V. De 36.12 encontrándose diferencias significativas para TRHS® Inoculado y Absoluto seguido por TLHE07 Inoculado y TRHS® Absoluto, figurando otros Genotipos, lo que indica que el carácter genético para este Genotipo tiene una influencia negativa a la respuesta al patógeno (Figura 18), sin embargo, si se realizara la inoculación en otra posición y dosis más alta de patógeno en la planta es posible que el efecto sea diferente y pudiéramos obtener un grupo de vectores más identificados dentro de estos.

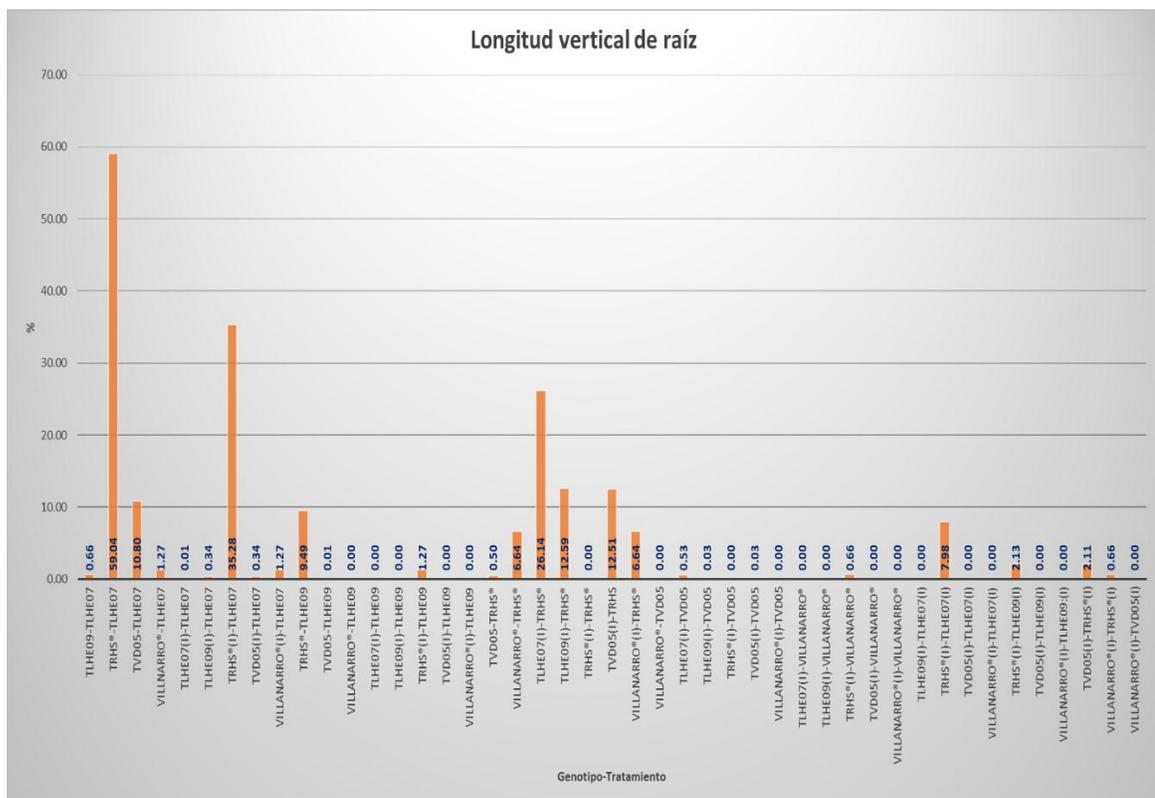


Figura 18 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Longitud vertical de raíz.

## Interacción Genotipo-Tratamiento

### Longitud Horizontal de Raíz

En el sistema radicular de la raíz vertical fue muy notorio para algunos Genotipos presentando un C.V. De 29.89 encontrándose diferencias significativas para TVD05 Inoculado y TLHE09 seguido por VILLA NARRO® Inoculado y TLHE09, figurando otros Genotipos, lo que indica que el carácter genético para para otros materiales que están en proceso de formación que manifiestan una influencia negativa a la respuesta y daño del patógeno (Figura 19), sin embargo si se realizara la inoculación en otra posición de la planta es posible que el efecto sea diferente y pudiéramos obtener un grupo de vectores más identificados dentro de estos.

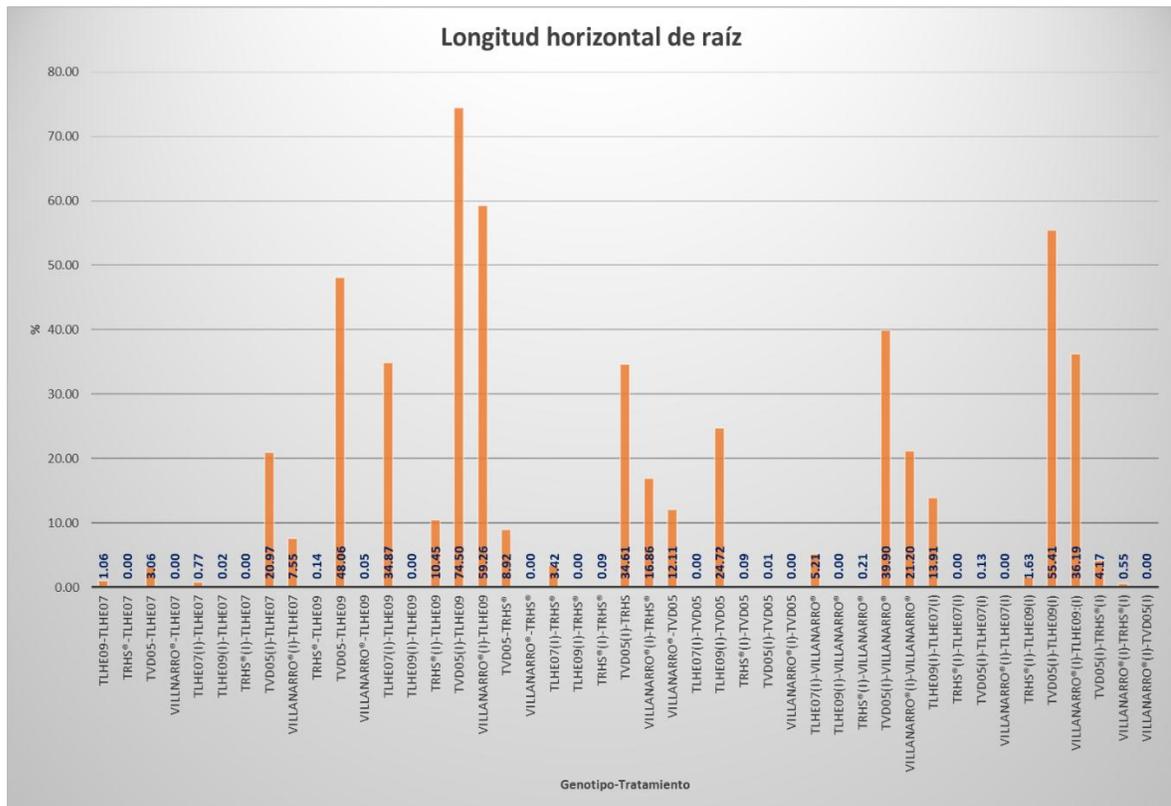


Figura 19 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable Longitud horizontal de raíz.

## Interacción Genotipo-Tratamiento

## Severidad

Severidad en las interacciones del método de inoculación y los materiales genéticos evaluados para la variable de severidad con un coeficiente de variación de 2.00 donde se determina una respuesta con diferencia significancia ( $p < 0.05$ ) que antes de 0% hasta el 100% de severidad causado y determinado en los diferentes genotipos, en este carácter es claro observar dentro los Genotipos VILLA NARRO® (Cuadro 2) fue considerado el único material que soporto la infestación por el hongo *Fusarium oxysporum* R<sub>III</sub> bajo la técnica de inoculación aplicada en el cuello de la planta, estudios realizados por Moreno 2018 determino resultados muy similares en la aplicación del patógeno en diferentes métodos de inoculación repostando a VILLA NARRO® como variedad tolerante al patógeno antes mencionado para el resto de los materiales mencionados fue muy difícil decretar cuales de estos presentaron mayor tolerancia puesto que los porcentajes de daño causado fueron semejantes entre sí. (Figura 20)

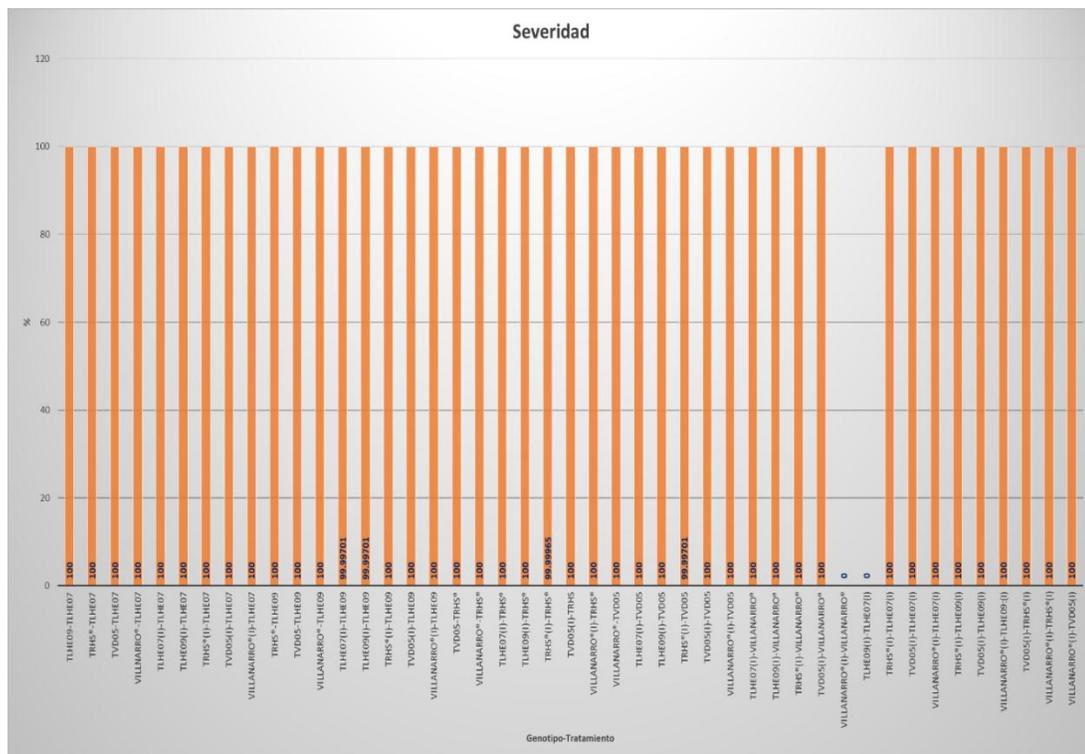


Figura 20 Interacción de Genotipos-Tratamientos con la variable % de Severidad.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación y base a los resultados obtenidos, se pueden derivar las siguientes conclusiones desde el punto de vista básico y aplicado.

- La aplicación de inóculo *Fusarium oxysporum* **R<sub>III</sub>**, permite determinar el efecto que causa en los diferentes genotipos que fueron evaluados.
- Fue posible encontrar la respuesta del patógeno en aquellos Genotipos que presenten susceptibilidad siempre y cuando se realicen eficientemente y en las etapas respectivas.
- La diversidad genética de los materiales permitió encontrar diferencias significativas en las variables de estudio.
- El Genotipo con mayor Grado de susceptibilidad inoculado y absoluto fue THLE07 y THLE09 de Especialidad.
- La Variedad que presentó la resistencia al patógeno de *Fusarium oxysporum* **R<sub>III</sub>** inoculado con la técnica al cuello de la planta y testigo absoluto fue VILLA NARRO®.
- VILLA NARRO® ofrece una alternativa para resistencia contra *Fusarium oxysporum* **R<sub>III</sub>** reduciendo altos costos de producción evitando plantas injertadas como el riesgo de Incompatibilidad.
- Se observó que la Variedad VILLA NARRO® en su corto tiempo fenológico destacó un vigor altamente productivo para su desarrollo en diferentes modalidades de producción.
- Lo antes concluido, es muy importante para las zonas productoras de tomate la cual disminuye el alto costo inversión Fitosanitaria.

## LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 2004. Plant Pathology. Fourth Ed. Academic Press. New York, USA. 635 p.
- Apodaca-Sánchez, M. Á.; Zavaleta, M. E.; Osada, K. S. y García, E. R. 2004. Hospedantes asintomáticos de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *radicis-lycopersici* WR Jarvis y Shoemaker en Sinaloa, México. Rev. Mex. Fitopatol. 22(1):7-13.
- Ascencio-Ascencio, A.; López, B. A.; Borrego, E. F.; Rodríguez, H. S. A.; Flores, O. A.; Jiménez, D. F. y Gómez, V. A. J. 2008a. Marchitez vascular del tomate: II. Herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon*. Rev. Mex. Fitopatol. 26(2):180-183.
- Báez-Valdez, Emma Paulina; Carrillo-Fasio, José Armando; Báez-Sañudo, Manuel Alonzo; García Estrada, Raymundo Saúl; Valdez-Torres, José Benigno; Contreras-Martínez, Rosalba Uso de Portainjertos Resistentes para el Control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de MallaSombra Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 28, núm. 2, 2010, pp. 111-122 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México.
- Bohn, G. W. and Tucker, C. M. 1940. Studies on *Fusarium* wilt of the Tomato. I immunity in *Lycopersicon pimpinellifolium* Mill. and its inheritance in hybrids. Research Bulletin. Missouri Agricultural Experiment Station. 311 p.
- Carrillo, F. J. A.; Montoya, R. T. J.; García, E. R. S.; Cruz, O. J. E. y Sañudo, B. A. J. 2003. Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen, en tomate (*Lycopersicon* Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Rev. Mex. Fitopatol. 21(2):123-127.

- Domínguez, A. G. 2012. Aislamiento, identificación y distribución de *Fusarium* spp. en jitomate cultivado en suelo bajo invernadero. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI). Yautepec, Morelos, México. 107 p.
- Hernández M. Rosendo, López B. Alfonso, Borrego E. Fernando, Espinoza V. José, Sánchez A., David I. Maldonado M. Eduardo, López O. Luis A. 2014. Razas de *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Lycopersici* en predios tomateros en San Luis Potosí.
- Hernández, M. R. 2012. Selección de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con base en parámetros genéticos para rendimiento y resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) (Sacc.) Snyder y Hansen. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo, Coahuila, México. 88 p.
- Luis Gerardo Moreno Rodríguez. (2018). Respuesta a la Resistencia Genética de las Líneas Extra Firmes de Larga Vida de Anaquel de Tomate (*Solanum lycopersicum*), Tipo Beef Entre Diferentes Técnicas de Inoculación y Campos de Acción de *Fusarium oxysporum* (R<sub>III</sub>). Saltillo, Coahuila México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación (FAO). 2011.FAOSTAT.
- Ortega, G. J. G. 2010. Diagnóstico de hongos fitopatógenos de jitomate y efecto de *Trichoderma asperelum* Tc74 sobre *Fusarium* spp. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo Agroecológico de Plagas y Enfermedades. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI). Yautepec, Morelos, México. 82 p.
- Posada, M. L.; Patino, B.; Heras, A.; Mirete, S.; Vázquez, C. and González, J. M. T. 2000. Comparative analysis of an endo-polygalacturonase coding gene in isolates of seven *Fusarium* species. *Mycol. Res.* 104(11):1342-1347.

- Sánchez-Peña, P.; Cauich-Pech, S. O.; Núñez-Farfán, J.; Núñez-Cebreros, R. D.; Hernández-Verdugo, S. Parra-Terraza, S. and Villarreal-Romero, M. 2010. Incidence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato in Sinaloa México. *Plant Dis.* 94 (11):1376.
- Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Estadísticas agrícolas por entidades de México.
- Vásquez-Ramírez, L.M.; Castaño-Zapata, J.:. (Diciembre, 2017). MANEJO INTEGRADO DE LA MARCHITEZ VASCULAR DEL TOMATE [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) W.C. SNYDER & H.N. HANSEN]. Manizales, Colombia: Fitopatología, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas.
- Villa M., Pérez L. Alejandra R., Morales M. Hugo A. Basurto S. Moisés, Soto P. Juan M. y Martínez E. Esther. 2014. Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad anti fúngica de extractos vegetales.
- Sánchez, L, A. (2017). Registro de la Variedad Villa Narro Extrafirmes de larga vida de anaquel de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo Beef. Págs. 1-60
- Sánchez. L, A.(2018). Caracterización de diferentes tipos de Tomate de Habito-Indeterminado y Semi-Indeterminado, Curso de Mejoramiento Genético de hortalizas.

## APÉNDICE

Análisis de varianza para la variable de Altura de Planta (AP)

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	11	50730.1383	4611.83076	8.05	<.0001
<b>Error</b>	18	10305.8646	572.54803		
<b>Total</b>	29	61036.0029			

C.V.= 31.90482

Análisis de varianza para la variable Diámetro de Tallo (DT)

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	11	94.0951933	8.5541085	13.52	<.0001
<b>Error</b>	18	11.3918867	0.6328826		
<b>Total</b>	29	105.48708			

C.V.= 12.65170

Análisis de varianza para la variable Longitud Vertical de Raíz (LVR)

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	11	1208.15467	109.832242	0.90	0.5604
<b>Error</b>	18	2203.30400	122.405778		
<b>Total</b>	29	3411.45867			

C.V.= 36.12838

Análisis de varianza para la variable Longitud Horizontal de Raíz (LHR)

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	11	2386.77433	216.979485	2.51	0.0405
<b>Error</b>	18	1558.56867	86.587148		
<b>Total</b>	29	3945.34300			

**C.V.= 29.89149**

Análisis de varianza para la variable Longitud Horizontal de Raíz (LHR)

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	9	34568.7	3840.96667	3879.76	<.0001
<b>Error</b>	20	19.80000	0.99		
<b>Total</b>	29	34588.50000			

**C.V.= 1.993963**