

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A MARCHITEZ BACTERIANA,
CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, DE DOS
PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE (*Solanum*
lycopersicum L), BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA
MALLA, EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, 2014.

WALTER JOSÉ ARISTONDO MARTINEZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A MARCHITEZ BACTERIANA,
CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, DE DOS
PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE (*Solanum
lycopersicum* L), BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA
MALLA, EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, 2014.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

WALTER JOSÉ ARISTONDO MARTINEZ.

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



**RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

CONSEJO DIRECTIVO

| | |
|-------------------------------|--|
| Presidente: | M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera |
| Representante de Profesores: | M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado |
| Representante de Profesores: | Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez |
| Representante de Graduados: | Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz |
| Representante de Estudiantes: | Br. Carla Marisol Peralta Lemus |
| Representante de Estudiantes: | PAE. Alberto José España Pinto |
| Secretaria: | Licda. Marjorie Azucena González Cardona |

AUTORIDADES ACADÉMICAS

| | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Coordinador Académico: | Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón |
| Coordinador de Carrera: | M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado |

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda

TERNA EVALUADORA

MSc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Ing. Agr. Héctor Abelino Díaz Carrera
Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya

Chiquimula, Agosto de 2015

Señores:

Miembros de Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: "EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A MARCHITEZ BACTERIANA, CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, DE DOS PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L), BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA MALLA, EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, 2014", como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Agradeciendo la atención a la presente me despido de ustedes, atentamente.



Walter José Aristondo Martínez

Carné: 201045770

REF-PTG- GAR-04-2015
Chiquimula, julio de 2015

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Walter José Aristondo Martínez, en el trabajo de investigación denominado "EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A MARCHITEZ BACTERIANA, CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, DE DOS PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA MALLA, EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, 2014", tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"



MSc. Godofredo Ayala Ruiz
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-A-059/2015

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **WALTER JOSÉ ARISTONDO MARTÍNEZ** titulado “**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A MARCHITEZ BACTERIANA, CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith** DE DOS PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA MALLA, EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, 2014”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniero Agrónomo. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a diez de agosto del dos mil quince.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

A cada una de las personas que me han brindado su apoyo y cariño incondicional, lo que me ha impulsado a este logro tan importante en mi vida.

A:

DIOS: Supremo ser que me dio la vida iluminando mis caminos y bendiciendo cada uno de mis pasos, hasta permitirme alcanzar esta meta.

MIS PADRES: Walter Avidán Aristondo Lemus y Olga Patricia Martínez Villela, mi agradecimiento infinito a cada uno de sus sacrificios, su apoyo incondicional y toda su confianza. Este acto lo dedico a sus esfuerzos y esperanzas como una retribución a todo su amor.

MI HERMANO: Jean Carlo Aristondo Martínez, gracias por tu apoyo y presencia en cada una de mis luchas, que este triunfo sea un ejemplo a seguir.

MIS ABUELITOS: Muy especialmente a Mama Flori y Papá Avidán † y abuelita Irma, mi triunfo para ustedes como una retribución a cada uno de sus valiosos consejos y su especial cariño.

A TODA MI FAMILIA: Tíos y tías, primos y primas, gracias por compartir momentos de alegría y de esperanzas. Cada uno de ustedes ha sido parte elemental en mi vida y especialmente en este triunfo.

MIS AMIGOS:

En especial Israel Vidal y Boris Pinto, agradecimiento sincero a su amistad y apoyo en todo momento.

MIS CATEDRATICOS:

Por sus enseñanzas compartidas en mi formación profesional y orientación que me han brindado.

MIS ASESORES

Especialmente a MSc. Godofredo Ayala Ruiz y el Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte, cada una de sus enseñanzas y orientaciones han sido elementales para alcanzar este triunfo.

FINCA LA NOBLEZA:

Ing. Agr. Héctor Abelino Díaz Carrera y Carlos José Díaz Guerra, por su valiosa colaboración, amistad, consejos y apoyo en todo momento.

A CUNORI

Por haberme permitido realizar mis estudios, en tan prestigiosa casa de estudios, Universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|--|----------|
| RESUMEN | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL | 3 |
| 2.1. Antecedentes históricos | 3 |
| 2.2. Justificación | 5 |
| 2.3. Planteamiento del problema | 6 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 3.1. Descripción del cultivo de tomate | 7 |
| 3.1.1. Taxonomía del cultivo | 7 |
| 3.1.2. Morfología del cultivo | 7 |
| 3.1.3. Requerimientos edafoclimáticos | 9 |
| 3.1.4. Plagas y enfermedades | 11 |
| 3.2. Marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i> | 12 |
| 3.2.1. Descripción de la enfermedad y síntomas | 12 |
| 3.2.2. Características del patógeno <i>Ralstonia solanacearum</i> | 13 |
| 3.2.3. Ciclo de la marchitez bacteriana | 15 |
| 3.3. Mejoramiento de plantas | 16 |
| 3.3.1. Mejoramiento genético del tomate | 17 |
| 3.3.2. Avances en el mejoramiento genético del tomate | 17 |
| 3.4. Tipos de resistencia de las plantas ante el ataque de los patógenos | 18 |
| 3.5. Resistencia verdadera | 19 |
| 3.6. Resistencia de plantas a enfermedades | 20 |
| 3.7. Estimación de daños causados por enfermedades en plantas | 20 |
| 3.8. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) | 21 |
| 3.9. Tolerancia | 22 |
| 3.10. Rendimiento | 22 |
| 3.11. Caracterización agronómica del cultivar Tabaré | 23 |
| 3.12. Relación beneficio costo | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 4. MARCO REFERENCIAL | 25 |
| 4.1. Ubicación y localización del área experimental | 25 |
| 4.2. Características del área | 25 |
| 4.2.1. Clima y zona de vida | 25 |
| 4.2.2. Recursos naturales | 25 |
| 4.2.3. Recursos físicos | 26 |
| 5. MARCO METODOLÓGICO | 28 |
| 5.1. Objetivos | 28 |
| 5.1.1. General | 28 |
| 5.1.2. Específicos | 28 |
| 5.2. Hipótesis | 29 |
| 5.3. Métodos de trabajo | 30 |
| 5.3.1. Área experimental | 30 |
| 5.3.2. Diseño experimental | 30 |
| 5.3.3. Descripción de los tratamientos | 31 |
| 5.3.4. Variables evaluadas | 32 |
| a. Tolerancia | 32 |
| b. Rendimiento | 34 |
| c. Caracterización agronómica del cultivar Tabaré | 34 |
| d. Relación beneficio costo | 35 |
| 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 37 |
| 6.1. Tolerancia | 37 |
| 6.1.1. Incidencia | 38 |
| 6.1.2. Severidad | 42 |
| 6.2. Rendimiento | 44 |
| 6.3. Caracterización agronómica del cultivar Tabaré | 46 |
| 6.3.1. Altura de la planta (cm) | 46 |
| 6.3.2. Diámetro | 48 |
| 6.3.3. Inflorescencia de la planta | 49 |
| 6.3.4. Hojas entre racimos | 54 |
| 6.3.5. Distancia entre racimos (cm) | 54 |
| 6.3.6. Número de frutos por racimos | 56 |
| 6.4. Relación beneficio costo | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 6.5. Análisis de riesgo de la inversión | 60 |
| 7. CONCLUSIONES | 61 |
| 8. RECOMENDACIONES | 62 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA | 63 |
| 10. ANEXOS | 66 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Contenido | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Principales plagas del cultivo de tomate en Guatemala | 11 |
| 2 | Principales enfermedades del cultivo de tomate en Guatemala | 12 |
| 3 | Resumen de resultados obtenidos en caracterización de biovares y filotipos de <i>Ralstonia solanacearum</i> en Guatemala. | 15 |
| 4 | Escala de severidad de la Marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i> en tomate, basada en su sintomatología. | 33 |
| 5 | Grado de tolerancia a <i>Ralstonia solanacearum</i> en porta injertos de tomate, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros incidencia y severidad. 2014. | 37 |
| 6 | Porcentaje de incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> , sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 38 |
| 7 | Análisis de varianza para el indicador incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> expresado en porcentaje, sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 39 |
| 8 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 40 |
| 9 | Estandarización y re-escalamiento del porcentaje de incidencia a <i>Ralstonia solanacearum</i> sobre los porta injertos de tomate evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 41 |

| | | |
|----|--|----|
| 10 | Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 42 |
| 11 | Análisis de varianza para el indicador severidad de <i>Ralstonia solanacearum</i> en unidades de AUDPC, sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 43 |
| 12 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador severidad de <i>Ralstonia solanacearum</i> sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 43 |
| 13 | Estandarización y re-escalamiento de unidades del AUDPC del indicador severidad de <i>Ralstonia solanacearum</i> sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 44 |
| 14 | Rendimiento en Kg/ha, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 45 |
| 15 | Análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 45 |
| 16 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable rendimiento en kilogramos para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 46 |
| 17 | Datos de altura en cm, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 47 |

| | | |
|----|--|----|
| 18 | Datos de diámetro en cm, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 47 |
| 19 | Análisis de varianza para la variable altura en centímetros de los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 48 |
| 20 | Análisis de varianza para la variable diámetro en centímetros de los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 48 |
| 21 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable diámetro para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 49 |
| 22 | Días a floración del primer racimo, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 50 |
| 23 | Análisis de varianza para la inflorescencia del racimo número 1 en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 50 |
| 24 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable de inflorescencia del racimo número 1, para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 51 |
| 25 | Días a floración del racimo número 8, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 51 |
| 26 | Análisis de varianza para la inflorescencia del racimo número 8 en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 52 |

| | | |
|----|---|----|
| 27 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable inflorescencia del racimo número 8 para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 52 |
| 28 | Días a floración del racimo número 17, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 53 |
| 29 | Análisis de varianza para la inflorescencia del racimo número 17 en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 53 |
| 30 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable inflorescencia del racimo número 17 para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 54 |
| 31 | Distancia en cm, entre racimos de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014 | 55 |
| 32 | Análisis de varianza para la variable distancia entre racimos en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 55 |
| 33 | Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable distancia entre racimos para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 56 |
| 34 | Distancia en cm, entre racimos de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 56 |
| 35 | Análisis de varianza para la variable número de frutos por racimos en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 57 |

- 36 Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable número de frutos por racimo para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. 57
- 37 Análisis económico por hectárea de los tratamientos experimentales de tomate, producido bajo condiciones protegidas de casa malla, en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. 59
- 38 Priorización de resultados de los tratamientos experimentales de tomate, para las variables tolerancia, rendimiento y beneficio económico obtenidos en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. 60

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Contenido | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Ciclo de la marchitez bacteriana ocasionada por <i>Ralstonia solanacearum</i> . | 16 |
| 2 | Mapa de finca “La Nobleza”, ubicada en aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula.2014 | 28 |
| 3 | Comportamiento de la enfermedad en los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014. | 40 |

Resumen

La marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, es la principal enfermedad en la agricultura de origen bacteriana en el mundo desde su primera descripción por Smith en 1896 (Izaguirre 2008).

En la región de oriente de Guatemala, es una de las enfermedades que limita la producción de tomate. Por lo cual se realizó la evaluación de la resistencia de dos porta injertos a *marchitez bacteriana*. La investigación se llevó a cabo en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula.

Las principales variables evaluadas fueron las siguientes: tolerancia a marchitez bacteriana, el rendimiento en (Kg/ha), las caracterización agronómica del cultivar de tomate Tabaré y el análisis económico de cada uno de los tratamientos.

Para el experimento se utilizó un diseño en bloques al azar; conteniendo 4 repeticiones y 3 tratamientos, con un distanciamiento entre surcos de 1.60 m y entre planta 0.40 m, obteniendo un área total del diseño de 768 m².

Entre los resultados obtenidos en la variable de tolerancia, el porta injerto Anchor obtuvo mayor resistencia con un valor de 2.4, seguido por el porta injerto Shelter con un valor de 3.6 y el testigo que no posee tolerancia con un valor de 9.

En la variable de rendimiento el porta injerto Anchor fue el mejor con 96,635 kg/ha, seguido por Shelter con 86,176 kg/ha y por último el testigo Tabaré con 38,422 kg/ha.

Las características agronómicas con diferencia significativa entre los tratamientos injertados con Anchor y Shelter en comparación con Tabaré como testigo absoluto son: precocidad en los días a floración, mayor número de tomates por racimo, diámetro y vigor constante de los porta injertos.

De acuerdo al análisis económico realizado, se determino la relación beneficio costo para el porta injerto Anchor 1.02, seguido por Shelter con 0.94 y el testigo Tabaré con 0.57, con los últimos 2 no se posee ningún beneficio económico ya que se obtienen perdidas.

Por lo tanto, se recomienda utilizar el porta injerto Anchor, en donde el suelo este infectado con marchitez bacteriana, debido a su tolerancia, buen rendimiento, buenas características agronómicas y es económicamente rentable para los productores.

1. INTRODUCCIÓN

La marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, es la principal enfermedad en la agricultura de origen bacteriana en el mundo desde su primera descripción por Smith en 1896 (Izaguirre 2008). A partir de allí, es la principal enfermedad bacteriana más estudiada a nivel mundial.

Asimismo, nuestro país posee una alta diversidad de flora, siendo considerado uno de los centros de biodiversidad genética más importantes de plantas en el mundo, esto permite mayor probabilidad de sobrevivencia de *Ralstonia solanacearum*, puesto que dicha bacteria sobrevive de un ciclo de cultivo a otro en asociación a la rizosfera de plantas hospederas y algunas malezas (Izaguirre 2008).

Debido a la presencia de plagas y enfermedades, los productores tienen que implementar medidas de control a un alto costo, con el consecuente deterioro del medio ambiente. Los problemas son mayores para enfermedades donde el control químico no es efectivo a la marchitez bacteriana, durante las últimas décadas la producción de tomate en el oriente del país ha sido afectada, reduciendo considerablemente los niveles de rendimiento y limitando su cultivo en ciertas áreas.

Con el objetivo de buscar alternativas de producción por medio de la validación de cultivares genéticos que minimicen el problema ocasionado por *Ralstonia solanacearum*, se realizó la evaluación de la resistencia de dos porta injertos a *marchitez bacteriana*. La investigación se llevó a cabo en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula; la cual corresponde a una de las zonas productoras con registro de antecedentes en cuanto a la presencia de la enfermedad y que en la actualidad limita la producción de tomate.

La metodología utilizada se fundamentó en: la selección de genotipos para el proceso productivo, resistencia a la enfermedad marchitez bacteriana, características agronómicas, rendimiento y beneficio económico.

La evaluación consistió en el establecimiento de una plantación de cultivar de tomate de la variedad Tabaré, donde se establecieron 3 tratamientos de los cuales 2 estaban injertados en 2 porta injertos comerciales y un tratamiento sin injertar; utilizando estos genotipos como base para la determinación de la tolerancia a marchitez bacteriana tomando en cuenta los parámetros de severidad e incidencia de la enfermedad. Con lo cual se generó información acerca de características agronómicas (planta y fruto) del cultivar Tabaré y el beneficio económico.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes históricos

A nivel mundial, los primeros indicios de marchitez bacteriana surgieron en Italia en el año 1882, de allí se considera la posible diseminación a otras partes del mundo como Asia, África del Sur, la India, Indonesia, Japón, Norte de Australia (Ceilán) y consecuentemente Suecia y Holanda (López 2004).

En 1896 se hace referencia a la primera descripción del patógeno *Pseudomonas solanacearum*, como el principal causante de la marchitez bacteriana, por Edwin F. Smith; cuya nomenclatura dada sufriría modificaciones de acuerdo a estudios consecuentes del mismo Smith, dando como resultado la identificación del patógeno como *Ralstonia solanacearum* (Izaguirre 2008).

Según Hayward (1991), citado por Lemus (2012), *Ralstonia solanacearum* a partir de 1972, se reconoció como un organismo cuarentenario para la Unión Europea, donde la incidencia de la pudrición castaña en papa, produjo pérdidas importantes. A partir de su detección, las medidas de manejo son muy severas prohibiéndose durante 4 años el cultivo de plantas hospederas, recomendándose la eliminación de malezas hospedantes y plantas voluntarias. Entre los más importantes se citan bananero (*Musa paradisiaca*); berenjena (*Solanum melongena*); papa (*Solanum tuberosum*); pimiento (*Capsicum annuum*); tabaco (*Nicotiana tabacum*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), también plátano, jengibre, y algunas especies de árboles y arbustos de importancia económica.

Según Hayward (1991), citado por Lemus (2012), el origen de la marchitez bacteriana en tabaco, tomate, papa y otras especies no se sabe con certeza; no se sabe en qué continente surgió o si evolucionó separadamente en varios lugares relacionado a ancestros de plantas actuales. Se considera a América Central y el norte de Sudamérica como el centro de origen del moco causado por *Ralstonia solanacearum*. El patógeno probablemente evolucionó en asociación con heliconias nativas en selvas vírgenes.

En Guatemala *Ralstonia solanacearum*, es mencionado por causar daños a una gran cantidad de cultivos, así como también el área de América Central y Tapachula. De acuerdo a información proporcionada por agricultores del área oriental de Guatemala, en cultivos como tomate y chile, el problema inicia aproximadamente en 1995 (Izaguirre 2008).

El desarrollo de la marchitez bacteriana en el oriente de Guatemala se reportó en los años de 1996 y 1997 en el departamento de Chiquimula, específicamente en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala; la maquinaria agrícola (tractor) que se empleaba en la zona, también era utilizada en otras áreas productoras de los departamentos de Chiquimula y Jutiapa; resultando que en la segunda temporada de siembra (época de invierno) aparecieran las primeras plantas infectadas en la región (Izaguirre 2008).

2.2. Justificación

Según Champoiseau (2009), citado por Lemus (2012), la bacteria *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, causa la enfermedad de la marchitez bacteriana en muchos cultivos de interés en Guatemala y el mundo. Ésta limita la producción de cultivos económicamente importantes incluyendo papa, tomate, banano y tabaco. La bacteria posee la capacidad de infectar e inducir síntomas en distintas especies de malezas solanáceas y no solanáceas que pueden ser fuentes de inóculo y hospederos alternos a las especies de importancia económica.

Las hortalizas son de importancia económica para nuestro país, ya que la mayoría de nuestras hortalizas son para consumo local. Por lo tanto, es de mucha importancia presentar alternativas técnicas, orientadas al manejo integrado de la enfermedad a los agricultores que tengan o no el problema con la enfermedad.

Cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de ésta bacteria, surgen los síntomas de la enfermedad con la consecuente pérdida del cultivo afectado. Esto hace probable que todo horticultor guatemalteco que realice siembra de un cultivo susceptible a *Ralstonia solanacearum* y en condiciones ambientales óptimas para la enfermedad, contará con dicho problema.

Según Agrios (1999), el uso de variedades resistentes es el método de control más económico, accesible, seguro y de mayor efectividad para controlar las enfermedades de las plantas, eliminando las pérdidas ocasionadas por las enfermedades y los gastos debido a aspersiones y a otros métodos de control; además, no contamina el ambiente con compuestos químicos tóxicos que de otra manera tendrían que utilizarse para controlar las enfermedades de las plantas.

2.3. Planteamiento del problema

Según Martin y French (1985), citado por Barillas (2013), la bacteria limita el cultivo en Asia, América Central y América del Sur, donde ocasiona severas pérdidas en los cultivos en las regiones con climas tropicales, subtropicales y templados. También puede ocurrir en climas más fríos con altitudes relativamente grandes, en la zona tórrida o en latitudes mayores

La marchitez bacteriana es considerada la principal enfermedad de origen bacteriano en el mundo, limitando la producción de cultivos con importancia económica para las regiones tropicales y sub-tropicales.

Entre los hospedantes de la bacteria se indican más de 50 familias botánicas siendo las más susceptibles, las solanáceas, leguminosas, plantas compuestas y musáceas.

La bacteria puede sobrevivir y dispersarse por varios espacios de tiempo en la tierra, formando un depósito para la fuente de inóculo para el patógeno. No está en el aire aunque ha habido alguna evidencia de supervivencia de la bacteria fuera de la planta, bajo condiciones de humedad relativamente alta. La bacteria puede sobrevivir por días o años en el agua, tierras húmedas o en las capas de tierras profundas (>75 cm), dependiendo de las condiciones de temperatura (Patrice 2009).

Para marchitez bacteriana no existen medidas o productos químicos que, aplicados a plantas sanas o bien ya infectadas, prevengan el desarrollo de la enfermedad cuando estas entren en contacto con la bacteria, o bien que curen a la planta enferma. En consecuencia, el manejo de esta enfermedad se basa exclusivamente en la aplicación de varias prácticas culturales cuyo propósito específico es prevenir que la bacteria ingrese a los campos y que se disemine dentro de ellos.

Por lo cual es necesidad de incurrir en la genética del cultivo creando porta injertos resistentes, y variedades e híbridos con mayor resistencia a condiciones ambientales y enfermedades (Rivera 2012).

3.

MARCO TEÓRICO

3.1 Descripción del cultivo de tomate

3.1.1 Taxonomía del cultivo (INFOAGRO 2012)

Clase Magnoliopsida

Subclase Asteridae

Orden Solanales

Familia *Solanaceae*

Genero *Solanum*

Especie *Solanum lycopersicum*

3.1.2 Morfología del cultivo

a. Planta

Perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta. Existen de crecimiento limitado (determinado) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminado).

b. Sistema radicular

Consiste en una raíz principal de la que salen raíces laterales y fibrosas, formando un conjunto que puede tener un radio hasta de 1.5 metros. En el cultivo, sin embargo, las labores del trasplante destruyen la raíz principal y lo más común es que presenta una masa irregular de raíces fibrosas. Es muy frecuente la formación de raíces adventicias en los nudos inferiores de las ramas principales (FASAGUA 2005).

c. Tallo

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias.

Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (INFOAGRO 2012).

d. Hoja

Compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo.

El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (INFOAGRO 2012).

e. Flor

Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuesto de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal (INFOAGRO 2012).

f. Fruto

Es una baya bi o plurilocular de forma muy variada. En los principales cultivos comerciales es de forma ovalada (aplanada), con reborde longitudinales o lisos; hay también elipsoides y periformes. En los tamaños silvestres predominan los frutos esféricos. El número de lóbulos en los frutos de tomate silvestre es de dos. En los cultivares comerciales, seleccionados por el mayor número de tabiques y su grosor, es corriente encontrar de 5 a 10 celdas. La epidermis es una capa de células de paredes externas engrosadas por la cutícula. Es frecuente la presencia de pelos o glándulas que desaparecen conforme madura el fruto.

Debajo del pericarpio hay 3 o 4 estratos de colénquima que junto con la epidermis forma una cáscara fina resistente. En ella hay pigmentos amarillos y rojos, según la variedad. El resto del fruto se forma de parénquima cargado de pigmentos rojos y amarillos que aparecen como cristales suspendidos en el líquido que rellenan las células. Las paredes de las células son también de parénquima, interrumpidos por cordones aislados de haces vasculares. Los tejidos de la placenta, sobre los que están las semillas, contienen una mayor cantidad de haces, lo que les da un color más claro. Las capas de células que rodean las semillas se disuelven en la madurez, formando una masa gelatinosa rica en granos de almidón (FASAGUA 2005).

3.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

a. Luminosidad o radiación

El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperiodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas; aunque requiere buena iluminación. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo. Por lo que se esperaría que en nuestro medio, no se tengan muchos problemas de desarrollo de flores y cuaje de frutos por falta de luz.

En la práctica se ha observado que los distanciamientos de siembra pueden afectar el desarrollo de las primeras flores por falta de luz, principalmente en aquellas variedades que tienden a producir mucha ramificación o crecimiento de chupones laterales, lo cual impide que la luz penetre hasta donde se lleva a cabo el desarrollo de los primeros racimos florales, afectando el cuaje y crecimiento de los frutos.

Esta desventaja se puede solucionar haciendo podas de los chupones que crecen por debajo de los primeros racimos florales, o dando más distanciamiento entre plantas (Corpeño 2004).

b. Temperatura

Según Villela (1993), citado por Lemus (2012), el tomate es una planta termoperiódica, creciendo mejor con temperatura variables constante, que varía con la edad de la planta. Diferencias térmicas noche/día de 6 a 7°C son óptimas, La temperatura influye en la distribución de asimilados, en el crecimiento vegetativo, desarrollo de racimos florales, el cuaje de frutos, desarrollo de frutos, maduración de los frutos y la calidad de los frutos.

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30° C durante el día y 15 - 18° C durante la noche. Temperaturas de más de 35° C y menos de 10° C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque puede haber diferencias entre cultivares.

c. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 - 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción; por ejemplo, si tenemos condiciones de baja humedad relativa (< 45%) la tasa de transpiración de la planta crece, lo que puede acarrear estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis, afectando directamente la polinización especialmente en la fase de fructificación cuando la actividad radicular es menor.

Valores extremos de humedad reducen el cuajado de los frutos; valores muy altos, especialmente con baja iluminación, reducen la viabilidad del polen, y puede limitar la evapotranspiración (ET), reducir la absorción de agua y nutrientes y generar déficit de elementos como el calcio, induciendo desórdenes fisiológicos (podredumbre apical del fruto), además esta condición es muy favorable para el desarrollo de enfermedades fungosas.

Por otro lado valores muy bajos producen grandes exigencias en la evapotranspiración, lo que puede generar que la planta aumente el consumo de agua y deje de consumir nutrientes, limitando su crecimiento y acumulando sales en el medio, las cuales pueden llegar a ser un problema más, para el buen desarrollo del cultivo (Corpeño 2004).

d. Suelos

El cultivo requiere suelos profundos, francos o franco-arcillosos, ricos en materia orgánica y suelos ligeramente ácidos, con pH entre 6 a 7 y pH menor de 5.5 o mayor de 7 se recomienda realizar las enmiendas necesarias al suelo, para aprovechar los nutrientes al máximo. Las variedades en producción en el país se adaptan mejor a altitudes entre 0 y 1,500 m sobre el nivel del mar (DISAGRO 1996).

3.1.4 Plagas y enfermedades

El cultivo de tomate a pesar de tener un ciclo de vida corto, es atacado por numerosas especies de plagas y enfermedades, tanto del suelo como del follaje en sus diferentes etapas fenológicas (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Principales plagas del cultivo de tomate en Guatemala.

| Plagas | Insectos | Ácaros | Nematodos |
|--------------|--------------------|--------------|----------------------|
| Chupadores | Afidos / Pulgones | Acaro Blanco | |
| | Mosca Blanca | Araña Roja | |
| | Paratrioza | | |
| | Trips | | |
| Masticadores | Gusanos | | |
| Minadores | Minador de la hoja | | Nematodos de la Raíz |

Fuente: Romero 2008.

Cuadro 2. Principales enfermedades del cultivo de tomate en Guatemala.

| Bacterianas | Fungosas | Virales |
|-------------------------|---------------------------------|---------|
| Cáncer bacteriano | Antracnosis | TMV |
| Mancha bacteriana | Cáncer del tallo/ Alternariosis | ToMV |
| Mancha negra del tomate | Cenicilla | TYLCV |
| Marchitez bacteriana | Fusarium | TSWV |
| | Mancha gris de la hoja | CMV |
| | Moho gris | PVY |
| | Moho blanco | TBSV |
| | Tizón temprano | |
| | Tizón tardío | |
| | Verticilium | |

Fuente: Romero 2008.

3.2 Marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*

3.2.1 Descripción de la enfermedad y síntomas

Es una bacteria gram negativa, abastionada, no forma espora ni cápsula, tiene forma de bacilo o cocos, reduce nitratos y forma amoniaco. En medio de cultivo líquido la bacteria de tipo silvestre, es generalmente no móvil y carente de flagelo polar. En cambio las variantes virulentas que se desarrollan en medio de cultivo son activamente móviles.

La marchitez bacteriana es una enfermedad de tipo vascular que se caracteriza por la invasión primaria de la bacteria *Ralstonia solanacearum* (patógeno), a los vasos del tejido xilémico; se propaga invadiendo el tejido vascular, principalmente los vasos de las raíces y el tallo, dispersándose hasta la parte superior de las plantas infectadas durante la etapa final de la enfermedad (Mejía 2003).

Cuando *Ralstonia solanacearum* infecta una planta, penetra por el sistema de absorción radicular y entra en el sistema vascular, distribuyéndose a los vasos del tejido xilémico de forma vertical u horizontal, produciendo taponamiento de los conductos y consecuentemente la planta sucumbe ante una falta de hidratación celular. Ocasionando de esta forma un marchitamiento vascular y por ende sistémico (Mejía 2003).

Estos taponamientos pueden obstruir el paso del agua a tal grado que no alcanza a llegar a las hojas y la planta se marchita rápidamente. El marchitamiento de las solanáceas produce entre otros síntomas, el marchitamiento durante las horas más calurosas del día, intensificándose cada vez más hasta ocasionar la muerte.

Los síntomas del marchitamiento bacteriano en tomate se caracterizan por ocasionar flacidez en las hojas más jóvenes; sin embargo, bajo condiciones ambientales ideales, se presenta un marchitamiento completo y rápido con etapas avanzadas que aparecen en dos o tres días, causando la muerte de la planta. Si las condiciones ambientales no son óptimas y la enfermedad se desarrolla lentamente, las hojas presentan epinastia y aparecen raíces adventicias en el vástago (Mejía 2003).

Cuando se secciona el sistema vascular del tallo, aparece inicialmente una coloración amarillo o marrón claro, a medida que la enfermedad progresa, se torna en un marrón más oscuro y finalmente la médula y la corteza se vuelven marrones. Por lo general los síntomas en solanáceas se presentan en plantas jóvenes, debido a su periodo de susceptibilidad (20 a 25 días después del trasplante).

3.2.2 Características del patógeno *Ralstonia solanacearum*

a. Características morfológicas

Según Agrios (1995), citado por Lemus (2012), *Ralstonia solanacearum* es una bacteria gram negativa, con forma de bastón de 0.5 – 0.7 μm de largo, aeróbica, móvil, no forma espora ni capsula, provoca reducción de nitratos y formación de amoniacó.

En medio líquido la bacteria de tipo silvestre, es generalmente no móvil y carece de flagelo polar. Además, se puede realizar una observación microscópica o por simple inspección de la forma y consistencia de la colonia bacteriana pura.

Según Kelman (1953), citado por Izaguirre (2008), en cuanto a la morfología de esta bacteria pueden observarse dos clases de colonias, una es fluida (mucoide) debido a la abundante producción de un polisacárido extracelular (EPS), de consistencia lisa, irregular y redonda; mientras que la otra clase, es una colonia mutante de apariencia seca, redonda, translúcida, rugosa no fluida.

b. Características fisiológicas y ambientales

Según Coutinho (2005), citado por Rodríguez (2007), *Ralstonia solanacearum* no crece a más de 40°C; posee la capacidad de reducir nitrato, dependiendo del biovar, puede producir ácidos a partir de disacáridos y oxida alcoholes hexosa. La supervivencia de la bacteria es afectada por la temperatura, la humedad y otros factores físicos y químicos del suelo; siendo más favorables las temperaturas altas de 28°C a 35°C. Por esta razón es que ocasiona mayores daños cuando se presenta en zonas de costa o en los valles abrigados de sierra.

Según Coutinho (2005), citado por Rodríguez (2007), en climas fríos (< 18°C) como altitudes superiores a 2500 msnm, la bacteria crece muy lentamente y convive con el cultivo como infección latente, sin ocasionar daños aparentes ni presentar síntomas visibles. En este caso los restos de plantas y materiales vegetativos de propagación se convierten en portadores asintomáticos de la bacteria, que al ser sembrada en lugares más calurosos desarrollan la enfermedad en el cultivo, la cual es severa.

En el cuadro tres, se muestra las diferentes razas y biovares de *Ralstonia solanacearum* distribuidos en diferentes pisos altitudinales del territorio Guatemalteco; tomando como base la altitud de la región, se puede observar que el Biovar 1 – Raza 1 predomina en las zonas productoras de tomate del oriente del país.

Cuadro 3. Resumen de resultados obtenidos en caracterización de biovares y filotipos de *Ralstonia solanacearum* en Guatemala.

| Altitud | Hospedero | Filotipo | Sequevar | Biovar-Raza | Origen |
|-------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------|---------|
| 0 - 250 msnm | Banano | II | VI | Biovar 3 - Raza 2 | América |
| 250 - 1200 msnm | Tomate Berenjena Quilete | I | XIV | Biovar 1- Raza 1 | Asia |
| Mayor a 1600 msnm | Papa Tomate Quilete | II | I | Biovar 2 - Raza 3 | América |

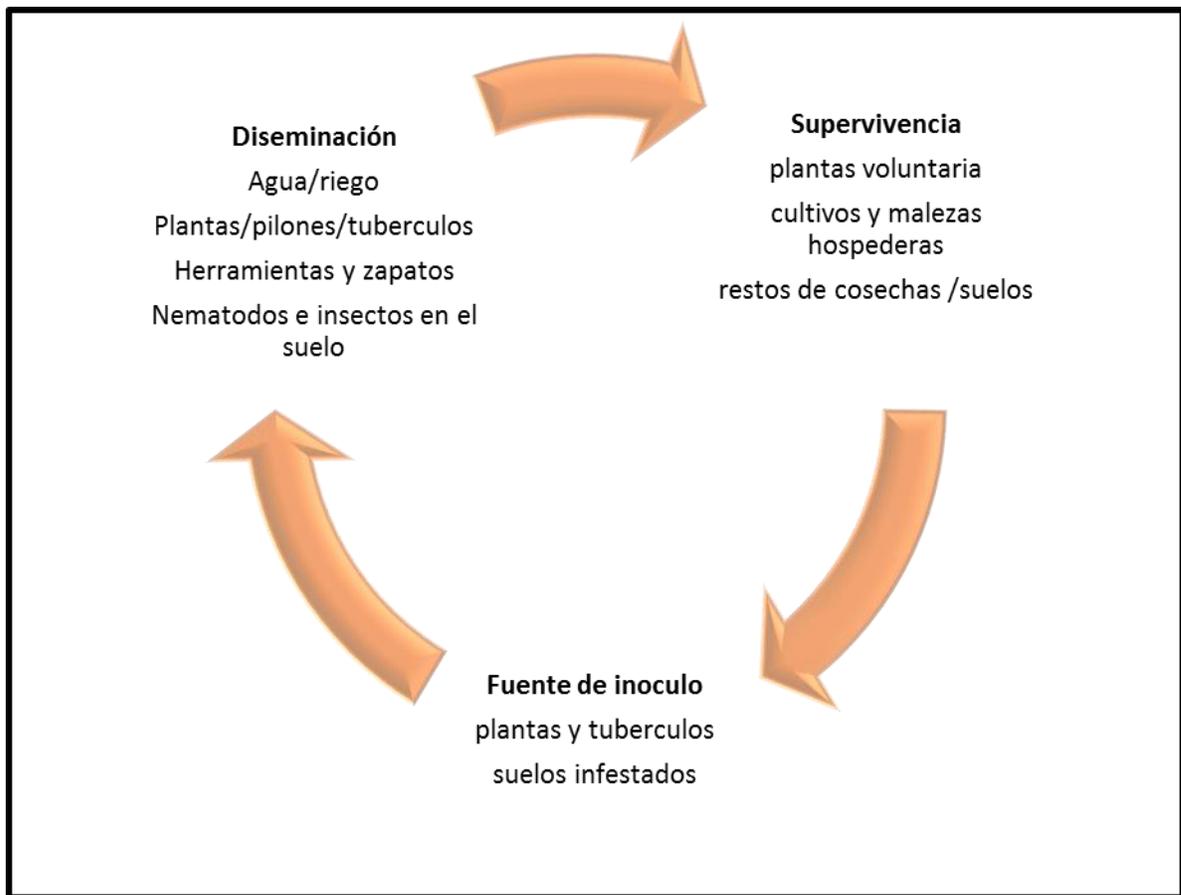
Fuente: Sánchez, Mejía y Allen 2006.

3.2.3 Ciclo de la marchitez bacteriana

El organismo sobrevive en material vegetal infectado, órganos vegetativos de propagación, plantas silvestres (huésped) y el suelo. Las fuentes de inóculo para los campos agrícolas y los métodos de propagación incluyen: el riego y aguas superficiales, las malezas acuáticas, suelos infestados, malas hierbas de campo, herramientas y equipos agrícolas contaminados.

Una vez establecido en un campo, la propagación planta a planta puede ocurrir cuando las bacterias se mueven a partir de raíces de plantas infectadas a las raíces de plantas sanas. *Ralstonia solanacearum* entra a la planta a través de heridas en las raíces de los cultivos, nematodos, insectos y a través de las grietas donde emergen las raíces secundarias.

Las bacterias llegan al xilema de la planta, donde se multiplican y distribuyen. Una vez establecido en los vasos del xilema, las bacterias son capaces de entrar en los espacios intercelulares del parénquima de la corteza y médula en diversas áreas de la planta. Aquí, *Ralstonia solanacearum* es capaz de disolver las paredes de las células y crear bolsas viscosas de bacterias y residuos celulares, lo que resulta en el taponamiento de los conductos y consecuentemente la muerte; incorporándose nuevamente al suelo por medio de residuos de la planta infectada, iniciándose así un nuevo ciclo de la enfermedad.



Fuente: Priou; Aley; Chujoy; Lemaga; French 2010.

Figura 1. Ciclo de la marchitez bacteriana ocasionada por *Ralstonia solanacearum*.

3.3 Mejoramiento de plantas

Es el arte y la ciencia de cambiar genéticamente algunos caracteres agronómicos en las plantas, para formar nuevas variedades con mayor productividad y/o calidad en las especies cultivadas, para transferir genes de resistencia a enfermedades o plagas, para mejorar el tamaño, conformación, coloración, textura, sabor, entre otros.

Según Poehlman (1987), citado por Lemus (2012), el mejoramiento de las plantas se ha basado en los principios de la genética clásica, la genética de poblaciones y la estadística para obtener cultivares superiores.

3.3.1 Mejoramiento genético del tomate

Según Depestre y Gómez (1999), citado por Lemus (2012), es una especie diploide con $2n = 24$ cromosomas, en la cual existen numerosísimas mutantes monogénicas. La flor es hermafrodita y su estructura asegura una estricta autogamia. Las plantas de la especie *Solanum lycopersicum* L, son auto compatibles. Debido a su autogamia el tomate cultivado presenta una variabilidad reducida para determinados caracteres, a pesar de su gran diversidad aparente.

Es a las especies silvestres a las que el fitomejorador puede recurrir para aumentar su variabilidad; de hecho, el tomate es la especie cultivada en la cual han sido más utilizado estas especies en los programas de selección. De ahí que todos los genes de resistencia a las enfermedades presentes en los cultivares poseen al menos un gen proveniente de las especies silvestres.

3.3.2 Avances en el mejoramiento genético del tomate

Según Villa Real (1982), citado por Lemus (2012), recientemente los investigadores han hecho notables progresos en el desarrollo de variedades y líneas genéticas resistentes a enfermedades; en la comprensión de las causas de cuajamiento bajo de frutos; en el mejoramiento de la calidad del tomate fresco y de elaboración; y en la transferencia de rasgos útiles de especies silvestres a especies cultivadas.

Por lo tanto, el mejoramiento de plantas es una actividad que merece ser desarrollada en las condiciones de nuestros países, apoyándose con las distintas técnicas modernas, para que al obtener nuevos cultivares adaptados a las condiciones de cada país se aporte una alternativa de solución a los problemas de la seguridad alimentaria y una producción limpia, en armonía con el medio ambiente.

3.4 Tipos de resistencia de las plantas ante el ataque de los patógenos

Resistencia es la capacidad que tiene la planta huésped para reducir la infestación por otros patógenos, el daño causado por estos, o ambas cosas. Los niveles de resistencia varían desde una ligera defensa de la planta contra los insectos, hasta total inmunidad y la resistencia es resultado de uno o más mecanismos (Agrios 1999).

Las plantas son resistentes a ciertos patógenos debido a que pertenecen a grupos taxonómicos que son inmunes a esos patógenos (resistencia de plantas no hospedantes), porque tienen genes que proporcionan resistencia directa ante los genes que determinan la virulencia del patógeno en particular (resistencia verdadera) o bien debido a que por varias razones, las plantas escapan o toleran la infección causada por esos patógenos (resistencia aparente) (Agrios 1999).

Cada tipo de planta, como por ejemplo la papa, el maíz o el naranjo, es hospedante de un grupo pequeño y distinto de patógenos que constituyen una pequeña proporción del número total de fitopatógenos conocidos. Las plantas no hospedantes son inmunes, es decir, son totalmente resistentes a todos los patógenos de todas las plantas, aún en las condiciones ambientales más favorables para el desarrollo de la enfermedad (resistencia de plantas no hospedantes). Sin embargo, esas mismas plantas son susceptibles, en mayor o menor grado, a sus propios patógenos. Además, cada planta muestra una susceptibilidad específica hacia cada uno de sus propios patógenos, mientras que presenta inmunidad no específica (resistencia completa o de plantas no hospedantes) a todos los demás patógenos (Agrios 1999).

3.5 Resistencia verdadera

La resistencia a las enfermedades que es controlada genéticamente por la presencia de uno, varios o muchos genes para resistencia en la planta contra el ataque del patógeno, se conoce como resistencia verdadera. En este tipo de resistencia, el hospedante y el patógeno son más o menos incompatibles entre sí debido a la falta de reconocimiento químico entre ellos o porque la planta hospedante se defiende a sí misma del patógeno, mediante los diferentes mecanismos de defensa que ya tiene, o activados, en respuesta a la infección, por el patógeno (Agrios 1999).

➤ **Tipos de resistencia verdadera: horizontal y vertical**

- a. **Resistencia horizontal:** Este término se emplea para describir una situación en la cual una serie de parcelas sembradas con la misma especie vegetal, infestadas por una serie de patógenos diferentes no presenta interacciones diferenciales. En otras palabras, el nivel de resistencia que ofrece una especie vegetal cualquiera es igual contra todos los biotipos del insecto y viceversa. También se utilizan los términos de resistencia no específico para el biotipo o resistencia vegetal. Por lo general la resistencia horizontal es poligénica y se le considera estable y permanente (Agrios 1999).

- b. **Resistencia vertical:** Este término se aplica cuando una serie de parcelas de la misma especie vegetal infestadas por una serie de patógenos diferentes presentan interacciones diferenciales. En otras palabras algunas variedades se clasifican, resistentes y sufren poco o ningún daño; otras son susceptibles cuando las infesta el mismo biotipo del insecto. Otro término en uso es: Resistencia específica para el biotipo. La resistencia vertical depende de genes mayores y se le considera menos estable que la resistencia horizontal (Agrios 1999).

3.6 Resistencia de plantas a enfermedades

Según Mejía (2003) existen 3 tipos de resistencia en las plantas las cuales son:

- a. Aparente (de escape): no es que la planta resista el patógeno, sino que la planta se ha escapado a través de un ambiente favorable para ella o desfavorable para el patógeno, como ejemplo de ello se hace mención del tizón tardío de la papa provocado por *Phytophthora infestans*, cuando las temperaturas altas no favorecen la germinación de los esporangios y por ello no ocurre infección en la planta.
- b. Artificial (inducida o adquirida): es cuando la planta puede resistir el proceso de infección provocado por un patógeno, debido a situaciones externas a la misma planta. Por ejemplo, a las plantas de algodón que se les aplica potasio presentan mayor resistencia a *Fusarium oxysporium* que las plantas a las que no se le aplica potasio.
- c. Genética (natural): cualquier característica que expresa una planta depende de la constitución genética de la misma y esta constitución provee los mecanismos para que una planta se exprese como resistente o susceptible. Este tipo de resistencia se puede expresar en forma morfológica, de tolerancia y por constitución química o fisiológica.

3.7 Estimación de daños causados por enfermedades en plantas

Castaño (1989), hace referencia que la estimación de daños causados por enfermedades a las plantas, es una herramienta útil que permite distinguir diferencias entre tratamientos difíciles de mostrar mediante la determinación del rendimiento o calidad.

La evaluación de germoplasma por su resistencia a enfermedades, requiere de métodos más precisos y estandarizados para que los resultados sean comparables con otras evaluaciones de mejoramiento de resistencia genética a enfermedades. La evaluación de cualquier germoplasma debe considerar los siguientes aspectos:

- Incidencia: se define como el número de unidades atacadas (plantas, hojas, etc.) por unidad de medida (surco, parcela, o campo). Este es el parámetro más comúnmente empleado para medir el daño causado por una enfermedad, debido a que es un sistema fácil y rápido de emplear.
- Severidad: se define como el área de tejido de la planta afectada por la enfermedad.
- Pérdidas en el rendimiento: se refiere a la evaluación de pérdidas en rendimiento, debido a enfermedades de plantas.

Castaño (1989), indica que una sola lesión en una hoja puede ser suficiente para determinar incidencia, pero no es tan severa como varias lesiones que pueden provocar un daño significativo en la planta. Se debe obtener una estimación precisa de la incidencia y/o severidad de la enfermedad evaluada anotando el desarrollo de la planta, ya que ambos parámetros están frecuentemente asociados con la edad o estado de desarrollo de la planta y con la época en que se inicia la epidemia.

La severidad está estrechamente asociada con pérdida en rendimiento. Para trabajos que se realizan con patógenos del follaje, virus o una pudrición radical o del tallo a causa de hongos o bacterias; el parámetro más importante a determinar es la severidad de la enfermedad.

3.8. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)

Según Campbell y Madden (1990), para algunas enfermedades epidémicas de plantas, se presenta las fluctuaciones de la enfermedad en el tiempo o la forma irregular de intensidad de la enfermedad versus tiempo.

En tales casos donde el objetivo es sumar la curva del progreso de la enfermedad para fines comparativos o analíticos, el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), puede ser usada como un descriptor de epidemia.

Tiene la ventaja que la variación en el tiempo en el inicio de la enfermedad y la variación en el tiempo al final de la enfermedad, están incorporados dentro de la AUDPC. Además, puede ser una solución cuando se tienen valores cualitativos de enfermedad obtenidos a partir de escalas y se desea analizar estadísticamente. AUDPC, es simplemente la intensidad de la enfermedad, interactuando entre dos tiempos.

3.9 Tolerancia

Según Teetes (1996), es una resistencia en la cual una planta es capaz de resistir o se puede recuperar del daño causado por una abundancia del insecto plaga igual a la que dañaría una planta sin los caracteres de resistencia (susceptible). La tolerancia es la respuesta de una planta a un insecto plaga. Entonces, la resistencia por tolerancia difiere de la resistencia por antibiosis y antixenosis en cómo afecta la relación entre el insecto y la planta. La resistencia por antibiosis y antixenosis causan una respuesta del insecto cuando el insecto trata de usar la planta resistente para alimento, oviposición, o refugio. Para determinar la tolerancia de los porta injertos evaluados, se tomara como parámetros o indicadores la incidencia y severidad de la enfermedad sobre los genotipos.

3.10 Rendimiento

Se define como la cantidad total de frutos en kilogramos por hectárea, obtenidas al finalizar el ciclo productivo de la planta. Para el cultivo de tomate se consideró el total obtenido en cada clasificación (primera, segunda y rechazo).

3.11 Caracterización agronómica del cultivar Tabaré

Las características agronómicas son las que nos ayudaran a reconocer e identificar las plantas que son de una comunidad o especie. Las características agronómicas se verán afectadas por diferentes factores, los cuales tienen incidencia en dichas características. La caracterización servirá para elegir los materiales deseados que tengan las mejores características, son las siguientes:

a. Diámetro del tallo de la planta

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. (INFOAGRO 2012).

b. Hojas e inflorescencia de la planta

La hoja es compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (INFOAGRO 2012).

Las flores constan de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal. Estas se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso, generalmente en número de 3 a 10 según variedades. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

3.12 Relación beneficio costo

Esta es una variable de suma importancia para la elección de nueva tecnología en plantas especialmente en porta injertos para tomate que han sido mejorados para resistir enfermedades (Marchite bacteriana), ya que esta nueva tecnología nos ayudara a tener un mayor beneficio económico la cual va depender de diferentes factores como el rendimiento y valor del producto en el mercado.

a. Costos de producción

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto.

Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso (por ej., los bienes vendidos en el mercado y el precio obtenido) y el costo de producción de los bienes vendidos. Mientras que el ingreso, particularmente el ingreso por ventas, está asociado al sector de comercialización de la empresa, el costo de producción está estrechamente relacionado con el sector tecnológico; en consecuencia, es necesario que se conozcan de costos de producción

b. Ingresos

El concepto ingreso hace referencia a las cantidades en dinero que recibe una empresa por la venta de sus productos (tomate). En la agricultura el nivel de ingresos está estrechamente relacionado con el rendimiento de las plantaciones y el precio del producto en el mercado.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación y localización del área experimental

La investigación se realizó en “Finca la Nobleza”, ubicada en el municipio de Camotán del departamento de Chiquimula; localizada en el sistema coordinado geográfico WGS1984 con latitud Norte de 16° 51’ 35” y una longitud Oeste de 89° 18’ 5”. Al norte colinda con la carretera CA-11, al sur con el río Jupilingo, al este con la ruta peatonal que se dirige a la comunidad. La finca cuenta con una extensión aprovechable para la agricultura de aproximadamente 70,000 m² y se encuentra a una altitud de 509 msnm.

4.2 Características del área

4.2.1 Clima y zona de vida

Según datos obtenidos de la municipalidad del municipio de Camotán, las condiciones agroecológicas son las siguientes:

- Temperatura máxima: 30°C
- Temperatura mínima: 18°C
- Temperatura media anual: 24°C
- Precipitación pluvial media anual: 1,250 mm/año
- Humedad Relativa: 65% (época seca)
78% (época lluviosa).

Según Holdridge (1957), citado por Gudiel (2012), el área pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Sub-tropical; con una época lluviosa que comprende de los meses de mayo – octubre, y una estación seca de noviembre – abril.

4.2.2 Recursos naturales

a. Suelo

La finca está situada sobre un suelo sedimentario y metamórfico, con textura dividida en dos partes, una franco - arcillosa y otra franco - arenosa. La topografía en su mayoría es plana y un 10% ligeramente ondulada.

b. Agua

El suministro de agua se obtiene de dos pozos, uno destinado para la distribución de agua de riego, el cual se encuentra a una distancia de 5 metros de la estación de riego y a una profundidad aproximada de 10.2 metros; el segundo pozo está destinado para uso doméstico y llenado de barriles utilizados para mezclas de insecticidas, fungicidas y herbicidas, el cual se encuentra a una distancia de 15 metros de la casa y a una profundidad aproximada de 12 metros.

4.2.3 Recursos físicos**a. Vías de acceso**

La finca se encuentra a un costado de la carretera asfaltada (CA-11). Además cuenta con áreas para el ingreso de vehículos para la carga y descarga de materiales y cosecha.

b. Infraestructura

Como infraestructura para la producción agrícola se cuenta con lo siguiente:

- Dos casas mallas con áreas de 8,113m² y 7,137m², las cuales se encuentran construidas con una estructura de hierro galvanizado y están cubiertas por malla anti virus, la cual reviste toda el área; posee un sistema de riego por goteo y un sistema de tutorado aéreo, así como una entrada principal en donde se lleva a cabo la desinfección del personal que ingresa al área de trabajo, la cual comunica ambas casas malla.
- Macro túneles: poseen una estructura de hierro recubierto de pintura anticorrosiva color blanco y se cubren con una manta térmica de la marca Agryl, la cual es una cubierta flotante de tela tejida, ultraligera y resistente, que sin interferir con el crecimiento de las plantas, permite el paso de la luz solar, el aire y el agua; creando de esa manera un efecto de microclima, el cual conserva mayor humedad y temperatura bajo la cubierta.

- Casa de guardianía: su estructura es de block y techo de lámina galvanizado, cuenta con una habitación, una cocina y 4 baños.



Fuente: Gudiel 2012.

Figura 2. Mapa de finca "La Nobleza", ubicada en aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 General

- ❖ Generar información agroeconómica sobre la tolerancia a marchitez Bacteriana, provocada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, de dos porta injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de Camotán, Chiquimula.

5.1.2 Específicos

- ❖ Determinar la tolerancia a marchitez bacteriana de dos porta injertos comerciales de tomate, mediante la utilización de modelos de incidencia y severidad.
- ❖ Determinar el rendimiento en (Kg/ha) del cultivar de tomate Tabaré, injertado en dos porta injertos comerciales.
- ❖ Realizar una caracterización agronómica del cultivar de tomate Tabaré, injertado en dos porta injertos comerciales.
- ❖ Conocer la relación beneficio costo de los tratamientos evaluados, para determinar que tratamiento posee mayor beneficio económico.

5.2 Hipótesis

- No existen diferencias significativas en el grado de tolerancia a marchitez bacteriana entre los genotipos injertados a evaluar y su testigo.
- No existen diferencias significativas en el nivel de rendimiento en kg/ha entre los genotipos injertados a evaluar y su testigo.

5.3 Métodos de trabajo

5.3.1 Área experimental

El diseño experimental contó con un área total de 768 m² y una unidad experimental de 64 m² (8 x 8), dentro de la cual el área efectiva fue de 19.2 m² (4.8 x 4). El ensayo se efectuó bajo condiciones protegidas de casa malla, con el propósito de reducir la incidencia de plagas y enfermedades que pudieran provocar alteración de los datos.

Con la finalidad de evitar el efecto de borde, se tomó como unidad de muestreo 30 plantas por tratamiento en cada repetición; ubicadas en el centro de los 3 tratamientos, obteniendo en la unidad de muestro una cantidad de 120 plantas/tratamiento.

5.3.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar (DBA), debido a que se determinó una gradiente de variabilidad (suelo), que influye en la distribución espacial del patógeno; el diseño experimental contó con 3 tratamientos (dos porta injertos en estudio y un testigo) y cuatro repeticiones. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde: $i = 1, 2, \dots, t$

$J = 1, 2, \dots, r$

Y_{ij} = Variable respuesta en la ij-esima unidad experimental

μ = Media general

T_i = Efecto del i-esimo porta injerto de tomate

β_j = Efecto del j-esimo bloque

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental.

5.3.3 Descripción de los tratamientos

a. TABARÉ RZ (testigo o tratamiento 1)

Tomate tipo saladet para recolección en rojo. Planta con vigor medio y entrenudo largo. Fruto alargado y ramillete bastante grande. Buen cuaje con altas temperaturas. Buena firmeza. Resistencia alta a: virus del mosaico del tabaco, fusarium y a verticillium y resistencia intermedia a Meloidogyne (casa de semillas Rijk Zwaan).

b. SHELTER RZ (tratamiento 2)

Porta injerto resistencia a marchitez bacteriana y Fusarium 3 con un vigor medio para zonas húmedas tropicales y subtropicales. Esto significa que el nivel de vigor es menor, en comparación con patrones estándar. Valor agregado a esta variedad es la resistencia a la marchitez Bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), poseen resistencia alta a virus del mosaico del tomate, fusarium y verticillium y resistencia media a Meloidogyne (casa de semillas Rijk Zwaan).

c. ANCHOR RZ (tratamiento 3)

Porta injerto resistente a marchitez bacteriana, con alto vigor para las zonas húmedas tropicales y subtropicales. Esto significa que el nivel de vigor es mayor, en comparación con patrones estándar. Valor agregado de la variedad es la resistencia a la marchitez Bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), poseen resistencia alta a virus del mosaico del tomate, fusarium y verticillium y resistencia media a Meloidogyne (casa de semillas Rijk Zwaan).

La característica principal de los porta injertos es crear una excelente zona radicular, aprovechando al máximo el agua y nutrientes que se le proveen. Esto ayuda a que la planta que esta sobre el porta injerto sea de buen vigor durante todo el ciclo y la cual nos llevará a tener buenos rendimientos para la cosecha y evitar que la marchitez bacteriana afecte en el ciclo de producción.

5.3.4 Variables evaluadas

Las variables evaluadas se definieron con base a cuatro aspectos que influyen en la selección de un material para el proceso productivo, siendo estas: resistencia a la enfermedad en estudio (marchitez bacteriana), las características agronómicas del cultivar Tabaré, rendimiento y el beneficio económico. Para la determinación y análisis de cada variable se utilizaron modelos e indicadores específicos.

a. Tolerancia

Con la finalidad de unificar los valores obtenidos en los parámetros de la enfermedad y establecer un grado de tolerancia representativo y fácilmente interpretable, se realizó una estandarización y un re-escalamiento de valores con base al tratamiento testigo o estándar, utilizando la siguiente ecuación:

$$Sx = Sy \frac{Dx}{Dy}$$

Donde:

Sx: valor de la escala para el genotipo objetivo.

Sy: valor de la escala para la variedad susceptible estándar.

Dx: AUDPC (severidad) o porcentaje de incidencia observado para el genotipo objetivo.

Dy: AUDPC (severidad) o porcentaje de incidencia observado para el porta injerto.

Incidencia

El porcentaje de incidencia se determinó a través de la contabilización del número de plantas que presentaron la sintomatología de la enfermedad (marchitez bacteriana) en cada uno de los tratamientos y repeticiones, utilizando un monitoreo con intervalo de 2 días del área experimental y realizando su posterior análisis mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{\text{número de plantas infectadas por unidad de muestreo} \times 100}{\text{Número de plantas}}$$

Severidad

La severidad se define como el área total del tejido de la planta que presenta síntomas de la enfermedad en estudio; para su determinación se utilizó la clasificación de la planta según la escala de severidad descrita en el cuadro cinco, realizando lecturas con un intervalo de tres días.

Cuadro 4. Escala de severidad de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en tomate, basada en su sintomatología.

| Valor de la escala | Descripción | Características |
|--------------------|--------------------|---|
| 0 | Severidad nula | Sin presencia de síntomas |
| 1 | Severidad baja | Presencia de epinastia en hojas |
| 2 | Severidad media | Epinastia y pérdida de turgencia de las hojas |
| 3 | Severidad alta | Decaimiento generalizado (marchites) |
| 4 | Severidad muy alta | Muerte de la planta |

Fuente: Arteaga y Avendaño, 2004.

Según Castaño (1989), la severidad es el parámetro más importante en la evaluación de resistencia u tolerancia de cualquier germoplasma. Para obtener un valor más exacto en la comparación de los porta injertos, se utilizó el modelo matemático del área bajo la curva del progreso o desarrollo de la enfermedad (AUDPC); el cual permite la aplicación de modelos estadísticos para la priorización de tratamientos (prueba de medias), utilizando la siguiente ecuación:

$$AUDPC = \sum_i^{n-1} \frac{(y_i + y_{i1})}{2} (t_{i1} - t_i)$$

Donde:

y_i = índice de severidad de la lectura anterior.

y_{i1} = índice de severidad de la lectura actual.

t_{i1} = días después del trasplante de la lectura actual.

t_i = días después del trasplante de la lectura anterior.

Época de siembra e Identificación de patógenos (bacterias)

La investigación se realizó dentro del ciclo productivo comprendido en los meses de septiembre a abril, los cuales corresponden a la época de invierno y verano.

Previo al establecimiento de los genotipos experimentales, se realizó un análisis bacteriológico del suelo con la finalidad de comprobar la presencia de *Ralstonia solanacearum* en el área experimental; obteniendo un resultado positivo y validando la investigación en el área.

b. Rendimiento

Para la medición de este parámetro se determinó la cantidad total de frutos en kilogramos por hectárea, obtenidas al finalizar el ciclo productivo de la planta.

c. Caracterización agronómica del cultivar Tabaré

La caracterización se utilizó para elegir los materiales deseados que tengan las mejores características, siendo estas las siguientes:

➤ Altura de planta

La altura de la planta, se determinó a los 10 días después del trasplante, midiendo desde la base del tallo hasta el último brote vegetativo de la planta. En el caso de Tabaré sin injertar, en Tabaré injertado se tomó desde la unión donde se injertaron las plantas hasta el último brote vegetativo, semanalmente esta medición se llevo a cabo marcando en la pita que sostenía la planta. Para luego medir la diferencia y sumarla a la altura inicial de la planta.

➤ Diámetro del tallo de la planta

La determinación del diámetro, se realizó 15 días después del trasplante, realizando la medición con la ayuda de un vernier. Esta actividad se repitió cada 2 semanas.

➤ **Hojas e inflorescencia de la planta**

Se realizó el conteo de hojas para determinar el intervalo entre hojas donde emerge una inflorescencia.

Desde la siembra hasta que el 50% de las plantas tenían por lo menos una flor abierta en un ambiente uniforme de crecimiento, se tomaron datos a los cuantos días se produjo la primera inflorescencia y el intervalo de días entre las inflorescencias futuras.

➤ **Distancia entre racimos**

La medición de este parámetro se realizó cuando los racimos de tomate estaban cuajados, para la cual se utilizó una cinta métrica, determinando la distancia que existe entre un racimo y otro.

➤ **Número de frutos por racimos**

La toma de datos se realizó cuando los frutos de los racimos ya estaban sazones para tener una certeza de cuantos tomates tenía el racimo, este parámetro se realizó con el fin de determinar el vigor de los tratamientos evaluados.

d. Relación beneficio costo

Con la finalidad de determinar los tratamientos con mayor beneficio económico, se realizó un análisis tomando en cuenta los diferentes aspectos:

➤ **Costos de producción**

Para determinar los costos empleados en la producción de los porta injertos de tomate en estudio, se realizó la contabilización de insumos, mano de obra y otros costos realizados diariamente en el área experimental, los cuales servirán de base para estimar el costo de producción por hectárea.

➤ **Ingresos**

Para estimar el valor de ingresos se comercializó el producto a la cadena de tiendas Walmart, la cosecha fue transportada en camiones de dicha empresa y los tomates se colocaban en cajas de plástico con una capacidad de 33 libras, cada camión se cargaba con 490 cajas.

e. Análisis de la información

Una vez que se reunieron todos los datos, se analizaron estadísticamente, mediante un el programa estadístico InfoStat, para determinar el efecto de la media, los bloques, los diferentes tratamientos, considerando un error experimental y porcentaje de coeficiente de variación, para cada variable respuesta. Por medio del análisis de varianza se determinó si las variables presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, aplicando la prueba múltiple de medias de tukey, considerando un nivel de significancia de (*) 95% y altamente significativo de (**) 99% de probabilidad.

6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1. Tolerancia

No existe un sistema estandarizado para medir el grado de tolerancia a *Ralstonia solanacearum* en tomate; sin embargo, con fin de establecer un valor representativo y fácil de interpretar en cada uno de los tratamientos de tomate evaluados, se realizó una estandarización y un re-escalamiento de los valores obtenidos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC por sus siglas en inglés) y el porcentaje de incidencia como parámetros de la variable en estudio, tomando de base la variedad Tabaré, como el tratamiento estándar o testigo, esta variedad es la más utilizada para la producción bajo condiciones protegidas de casa malla.

Utilizando los valores estandarizados de los parámetros incidencia y severidad, se determinó que el cultivar de Tabaré injertado en Anchor, es el que posee tolerancia a marchitez bacteriana con un grado 2.4, seguido por el cultivar de Tabaré injertado en Shelter con 3.6, como se observa en el cuadro 5.

Cuadro 5. Grado de tolerancia a *Ralstonia solanacearum* en porta injertos de tomate, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros incidencia y severidad, 2014.

| Tratamiento | Grado de tolerancia según AUDPC de la severidad y % incidencia |
|-------------|--|
| Anchor | 2.4 |
| Shelter | 3.6 |
| Tabaré | 9 |

Fuente: Elaboración propia.

El grado de tolerancia obtenido indica que el cultivar Tabaré injertado en Anchor posee mayor tolerancia a marchitez bacteriana con un valor de 2.4, este tratamiento tuvo la menor cantidad de plantas infectadas y los valores obtenidos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad fueron bajos. El cultivar de Tabaré injertado en Shelter tiene un valor de 3.6, también posee valores mínimos de incidencia y los valores obtenidos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad fueron bajos pero estos superan al cultivar de Tabaré injertado en Anchor.

El testigo Tabaré no posee ninguna tolerancia a marchitez bacteriana tiene un valor 9, el cual indica que fue el más afectado en los valores de incidencia y en valores del área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

Los cultivares de Tabaré injertados en Anchor y Shelter poseen tolerancia a marchitez bacteriana, estos tratamientos los podemos utilizar para producir en suelos infectados con *Ralstonia solanacearum*.

Lo cual nos indican que se rechaza la hipótesis debido a que existe diferencia significativa en el grado de tolerancia a marchitez bacteriana entre los tratamientos evaluados.

6.1.1. Incidencia

Los datos obtenidos de la variable incidencia de los tratamientos evaluados durante todo el ciclo de producción, se realizaron 3 lecturas cada semana, aspectos que se pueden observar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Porcentaje de incidencia de *Ralstonia solanacearum*, sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 87 | 93 | 93 | 97 |
| Shelter | 40 | 63 | 30 | 33 |
| Anchor | 40 | 43 | 47 | 13 |

Fuente: Elaboración propia.

A través del análisis de varianza que se presenta de los valores en porcentaje del parámetro incidencia de la marchitez bacteriana sobre los porta injertos de tomate, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, que se observan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el indicador incidencia de *Ralstonia solanacearum*, sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|--------|---------|---------|-------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 7772.56 | 3886.28 | 26.28 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 540.59 | 180.20 | 1.22 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 887.25 | 147.87 | | | | |
| Total | 11 | 9200.40 | | | | | |
| C.V | 24.46% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

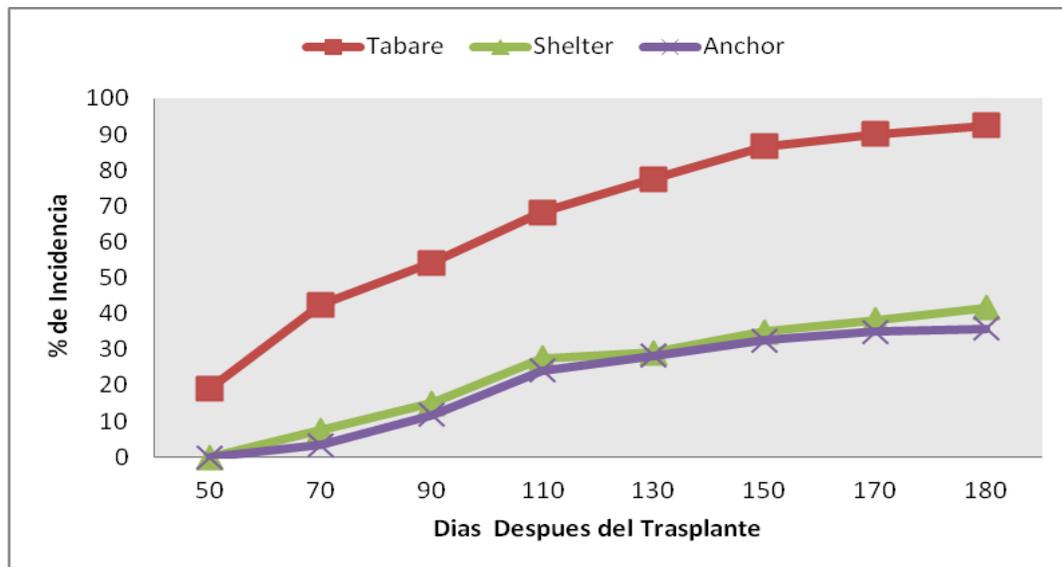
Debido a que existe diferencia significativa entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey efectuada al noventa y cinco por ciento de significancia, identificando al porta injerto Anchor como el tratamiento que mostró menor incidencia de marchitez bacteriana con un valor de 35.83%, seguido por el porta injertos Shelter con valor de 41.67% y a Tabaré (testigo sin injertar) como el tratamiento con mayor incidencia de 92.50 %, datos que se encuentran en el cuadro 8. Los porcentajes de incidencia aumentaron cuando las plantas empezaron a recibir su manejo agronómico, como las podas, limpias y guiado.

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador incidencia de *Ralstonia solanacearum* sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias de incidencia % | Grupo Tukey |
|-------------|------------------------|-------------|
| Tabaré | 92.50 | a |
| Shelter | 41.67 | b |
| Anchor | 35.83 | b |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, se detalla el comportamiento de la enfermedad en los tratamientos evaluados a través del tiempo; se observa como ocurre la variación entre los días después de la siembra sobre los cuales ocurrieron las incidencias, variando en comparación al testigo. Se puede observar que el testigo Tabaré mostró los primeros síntomas de la enfermedad a los 50 días después del trasplante, mientras que en los demás tratamientos se mostraron síntomas a partir de los 70 días después del trasplante. Luego de los 70 días, la curva se incrementó debido al número de plantas afectadas por el exceso de lluvia y al manejo de planta (poda, limpias y guiado), ya que era más fácil infectar las demás plantas sanas con marchitez bacteriana.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Comportamiento de la enfermedad en los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

Se realizó una re-escala de los valores, con la finalidad de establecer el grado de incidencia de cada híbrido, en una escala comprendida del 1 al 10 los cuales se se presentan en el cuadro 9; entendiéndose como los porta injertos con mayor incidencia a aquellos que presenten los valores más altos y viceversa, utilizando como base los valores obtenidos mediante el porcentaje de incidencia a la marchitez bacteria en los porta injertos de tomate.

Cuadro 9. Estandarización y re-escalamiento del porcentaje de incidencia a *Ralstonia solanacearum*, sobre los porta injertos de tomate evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Grado de incidencia |
|-------------|---------------------|
| Anchor | 3.21 |
| Shelter | 4.18 |
| Tabaré | 9 |

Fuente: Elaboración propia.

El grado de incidencia es el número de plantas que fueron infectas por marchitez bacteriana durante el ciclo de producción, obteniendo como resultado que el cultivar Tabaré injertado en Anchor posee el menor grado de incidencia con 3.21, seguido por el cultivar Tabaré injertado en Shelter con 4.18 y en último lugar Tabaré con el valor de 9.

El grado de incidencia tiene relación con el valor de tolerancia a *Ralstonia solanacearum*, los tratamientos con mayor tolerancia poseen menor incidencia. Las plantas afectadas aumentaron durante el transcurso de los días, debido a que se realizaron practicas culturales del cultivo de tomate.

El cultivar de Tabaré injertado en Anchor y Shelter poseen menor incidencia, resultado de su tolerancia a marchitez bacteriana. El tratamiento de Tabaré posee mayor incidencia de la enfermedad, debido que no es tolerante a marchitez bacteriana.

6.1.2. Severidad

Los datos recopilados para esta variable durante el ciclo de producción de los tratamientos injertados, se realizó de acuerdo a la escala de severidad de 1 a 4, dependiendo de la severidad se colocaba la escala, luego se transformaron al área bajo la curva del progreso de la enfermedad, donde se realiza un procedimiento de suma y resta entre los días de siembra que lleva la planta y el grado de severidad. Los datos usados para el análisis de varianza se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 5159 | 9518 | 9994 | 8979 |
| Shelter | 984 | 5871 | 1860 | 2012 |
| Anchor | 2029 | 2826 | 3902 | 742 |

Fuente: Elaboración propia

Por medio del análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad del indicador severidad de la marchitez bacteriana en los porta injertos de tomate, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia, obteniendo un coeficiente de variación de 34.65%, el cual se encuentra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el indicador severidad de *Ralstonia solanacearum* en unidades de AUDPC, sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|--------|--------------|-------------|-------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 92533189.88 | 46266594.94 | 19.12 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 19620530.17 | 6540176.72 | 2.70 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 14521920.46 | 2420320.08 | | | | |
| Total | 11 | 126675640.50 | | | | | |
| C.V | 34.65% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos a través del AUDPC para el parámetro severidad, toman como base de valoración el intervalo de tiempo después de siembra sobre el cual ocurren los primeros síntomas y el intervalo de tiempo necesario para el cambio de sintomatologías, según la escala de severidad propuesta para *Ralstonia solanacearum*. El tiempo necesario para alcanzar un valor de 4 en la escala de severidad, desde el primer síntoma hasta la muerte oscila entre 5 a 7 días.

Existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se realizó la comparación de medias de Tukey, en el cuadro 12, evaluando los tratamientos a un grado de significancia del noventa y cinco por ciento. Los tratamientos llegaron a tener un valor de 4 (muerte de planta) en la escala de severidad; el intervalo de tiempo necesario para presentar dichos síntomas de severidad varía en relación al tiempo.

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador severidad de *Ralstonia solanacearum* sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias de severidad | Grupo Tukey |
|-------------|---------------------|-------------|
| Tabaré | 8412.63 | a |
| Shelter | 2681.13 | b |
| Anchor | 2374.75 | b |

Fuente: Elaboración propia.

En relación a los valores obtenidos por medio del análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, se estableció el grado de severidad de los tratamientos experimentales, mediante un rango numérico comprendido de 0 a 10; entendiéndose como los tratamientos con menor severidad a aquellos que presentaron los valores más bajos que se encuentran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Estandarización y re-escalamiento de unidades del AUDPC del indicador severidad de *Ralstonia solanacearum* sobre los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Grados de severidad según (AUDPC) |
|-------------|-----------------------------------|
| Anchor | 2 |
| Shelter | 3.4 |
| Tabaré | 9 |

Fuente: Elaboración propia.

La severidad es el valor que se obtiene de acuerdo a una escala que va de 1 a 4, donde nos permite determinar el área bajo la curva de la enfermedad de los tratamientos evaluados. El cultivar de Tabaré en Anchor posee un grado de severidad de 2, seguido por el cultivar de Tabaré en Shelter de 3.4 y por último Tabaré con un grado de severidad de 9. La severidad va relacionada con la tolerancia a marchitez bacteriana porque los tratamientos que poseen mayor tolerancia a marchitez bacteriana poseen también menor grado de severidad de la enfermedad.

Los tratamientos injertados son los mejores ya que poseen menor grado de severidad en comparación con su testigo Tabaré.

6.2. Rendimiento

Los datos obtenidos para esta variable, es una suma de toda la cosecha de tomate que se obtuvo por tratamiento, el cuadro 14. Muestra los rendimientos utilizados para el análisis de varianza ya transformados en Kg/ha.

Cuadro 14. Rendimiento en Kg/ha, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|----------|----------|-----------|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 47410 | 25904 | 38553.5 | 41480.55 |
| Shelter | 90156 | 79393 | 93276.52 | 93880 |
| Anchor | 110949.34 | 96534.09 | 75156.25 | 103901.52 |

Fuente: Elaboración propia.

Por medio del análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea en el cuadro 15, se llegó a la conclusión que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia; con un coeficiente de variación de 12.95%, debido principalmente a la interacción de *Ralstonia solanacearum* con los porta injertos evaluados.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|--------|---------------|---------------|-------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 8027237532.60 | 4013618766.30 | 42.85 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 541711871.32 | 180570623.77 | 1.93 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 561998926.30 | 93666487.72 | | | | |
| Total | 11 | 9130948330.22 | | | | | |
| C.V | 12.95% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la comparación de medias de Tukey, con el fin de priorizar los tratamientos con base a la variable rendimiento, evaluando los tratamientos con un grado de significancia del noventa y cinco por ciento; determinando al cultivar de Tabaré injertado en Anchor como el tratamiento con mayor rendimiento, con un valor promedio de 96,635 Kg/ha, seguido el cultivar de Tabaré injertado en Shelter con 89,176 Kg/ha.

En el cuadro 16, se observa que el tratamiento utilizado como testigo presentó los valores más bajos de rendimiento, debido a que mostraron una pronta incidencia a *Ralstonia solanacearum* lo cual ocasionó la muerte de plantas en la etapa de producción. Esta variable es afectada por el número de tomates por racimos y el número de plantas afectada por marchitez bacteria.

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable rendimiento en kilogramos para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Media de rendimiento (kg/ha) | Grupo Tukey |
|-------------|------------------------------|-------------|
| Anchor | 96,635 | a |
| Shelter | 89,176 | a |
| Tabaré | 38,422 | b |

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos en la prueba de Tukey, indican que se debe de rechazar la hipótesis debido a que existe diferencia significativa en la variable rendimiento en kg/ha de los tratamientos evaluados.

6.3. Caracterización agronómica del cultivar Tabaré

Con el finalidad de proveer información de las características agronómicas que se toman en cuenta para la selección y manejo de los porta injertos en estudio; se generó información acerca de la altura promedio de las plantas, diámetro de tallo, días entre inflorescencia, distancia entre racimos y número de frutos por racimos.

6.3.1. Altura de la planta (cm)

El cuadro 17 muestra las alturas en cm de los tratamientos en cada una de las repeticiones, las cuales fueron utilizadas para realizar el análisis de varianza. Estas son las alturas promedio finales que alcanzaron las plantas en cada tratamiento.

Cuadro 17. Datos de altura en cm, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 670.20 | 687.1 | 684.10 | 679.40 |
| Shelter | 684.10 | 683.20 | 686.60 | 688.95 |
| Anchor | 693.20 | 691.60 | 684.70 | 683.20 |

Fuente: Elaboración propia

A través de los resultados que se tuvieron por medio del análisis de varianza para la variable altura en centímetros de los tratamientos que se presenta en el cuadro 18; se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia, obteniendo un coeficiente de variación de 0.88%.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable altura en centímetros de los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|-------|--------|-------|------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 133.40 | 66.70 | 1.82 | 5.14 | 10.9 | NS |
| Bloques | 3 | 37.53 | 12.51 | 0.34 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 219.92 | 36.65 | | | | |
| Total | 11 | 390.85 | | | | | |
| C.V | 0.88% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

No existe diferencia significativa entre los tratamientos, por que las alturas promedio de las plantas de Anchor es 688.18 cm, Shelter 685.71 cm y Tabaré de 680.20 cm.

6.3.2. Diámetro

El cuadro 19 muestra los datos de los diámetros (cm), promedio de los tratamientos evaluados, estos datos se tomaron cada 15 días con ayuda de un vernier. Se muestra una diferencia entre los datos de los materiales injertados y el testigo, estos datos se utilizaron para el análisis de varianza.

Cuadro 19. Datos de diámetro en cm, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 0.71 | 0.50 | 0.60 | 0.60 |
| Shelter | 0.75 | 0.60 | 0.75 | 0.74 |
| Anchor | 0.77 | 0.70 | 0.71 | 0.80 |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en el cuadro 20, se presentan los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para la variable diámetro de tallo, la cual fue tomada durante todo el ciclo del cultivo de tomate. Se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia; obteniendo un coeficiente de variación de 6.21%.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable diámetro en centímetros de los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|-------|------|--------|-------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 0.04 | 0.02 | 12.16 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 0.03 | 0.02 | 6.30 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 0.01 | 0.0018 | | | | |
| Total | 11 | 0.09 | | | | | |
| C.V | 6.21% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 21, que existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que se procedió a realizar la comparación de medias de Tukey, obteniendo como resultados que los dos cultivares de Tabaré que están injertados en Anchor y Shelter tiene un diámetro mayor a Tabaré que esta sin injertar.

Cuadro 21. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable diámetro para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Media de diámetro (cm) | Grupo Tukey |
|-------------|------------------------|-------------|
| Anchor | 0.75 | a |
| Shelter | 0.71 | a |
| Tabaré | 0.60 | b |

Fuente: Elaboración propia.

La variable de diámetro nos indica que el cultivar de Tabaré injertados en Anchor y Shelter posee un vigor superior en comparación con el testigo Tabaré. El diámetro del tallo es importante, estas plantas de crecimiento indeterminado necesitan un tallo fuerte para que pueda sostenerla y también conduzcan el agua y nutrientes absorbidos a todas las partes de la planta.

Los tratamientos injertados poseen el mejor diámetro el cual es un beneficio para las plantas ya que se evita que se puedan quebrar si son muy delgados, las plantas injertadas mantuvieron su vigor durante todo el ciclo productivo.

6.3.3. Inflorescencia de la planta

Para la toma de datos de esta variable se realizó para cada racimo de flores de cada tratamiento, tomando en cuenta que se tomaban datos cuando el 50% de las plantas tenían una flor abierta. Durante el ciclo de producción las plantas de tomate, se llegó a contabilizar 23 racimos de flores, llevándose a cabo el análisis de varianza al racimo 1, 8 y 17. Debido a que hasta el racimo 17 se realizó el último corte de tomate para su comercialización.

El cuadro 22 muestra el comportamiento de los tratamientos en referencia a los días que se llevó la planta para abrir su primera flor.

Cuadro 22. Días a floración del primer racimo, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 17 | 17 | 16 | 17 |
| Shelter | 14 | 15 | 14 | 14 |
| Anchor | 14 | 14 | 14 | 14 |

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para la variable de inflorescencia del racimo de flores número 1, que se encuentra en el cuadro 23, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia; obteniendo un coeficiente de variación de 2.48%.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la inflorescencia del racimo número 1 en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|-------|-------|------|-------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 18.50 | 9.25 | 66.60 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 0.67 | 0.22 | 1.60 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 0.83 | 0.14 | | | | |
| Total | 11 | 20 | | | | | |
| C.V | 2.48% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 24, se presenta la prueba de comparación de medias de Tukey efectuada al cinco por ciento de significancia, determinando que los porta injertos poseen 3 días menos a la floración en comparación a Tabaré. Lo cual nos indica que los porta injertos son más precoces que Tabaré.

Cuadro 24. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable de inflorescencia del racimo número 1, para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias de inflorescencia (días) | Grupo Tukey |
|-------------|---------------------------------|-------------|
| Tabaré | 17 | a |
| Shelter | 14 | b |
| Anchor | 14 | b |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 25, muestra el comportamiento de los tratamientos en referencia a los días que se llevó la planta para abrir la flor del racimo número 8.

Cuadro 25. Días a floración del racimo número 8, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 8 | 8 | 9 | 8 |
| Shelter | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Anchor | 7 | 7 | 8 | 7 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 23, se puede observar la variable de inflorescencia del racimo de flores número 8, el análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia; obteniendo un coeficiente de variación de 3.85%.

Cuadro 26. Análisis de varianza para la inflorescencia del racimo número 8 en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|-------|------|------|------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 3.50 | 1.75 | 21 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 1 | 0.33 | 4 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 0.50 | 0.08 | | | | |
| Total | 11 | 5 | | | | | |
| C.V | 3.85% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación en el cuadro 27, se presenta la prueba de comparación de medias de Tukey, efectuada al noventa y cinco por ciento de significancia, demuestra que los tratamientos injertados siguen siendo precoces al racimo número 8 en comparación con su testigo.

Cuadro 27. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable inflorescencia del racimo número 8 para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias de inflorescencia (días) | Grupo Tukey |
|-------------|---------------------------------|-------------|
| Tabaré | 8 | a |
| Shelter | 7 | b |
| Anchor | 7 | b |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 28, muestra el comportamiento de los tratamientos en referencia a los días que se llevó la planta para abrir su primera flor del racimo número 17.

Cuadro 28. Días a floración del racimo número 17, de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 10 | 11 | 11 | 10 |
| Shelter | 9 | 10 | 9 | 9 |
| Anchor | 9 | 9 | 9 | 9 |

Fuente: Elaboración propia.

A través del cuadro 29, se observa el análisis de varianza para la variable de inflorescencia del racimo de flores número 17, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia; obteniendo un coeficiente de variación de 3.89%.

Cuadro 29. Análisis de varianza para la inflorescencia del racimo número 17 en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|--------|------|------|-------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 5.17 | 2.58 | 18.60 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 0.92 | 0.31 | 2.20 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 0.83 | 0.14 | | | | |
| Total | 11 | 6.92 | | | | | |
| C.V | 3.89 % | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 30 se presenta la prueba de comparación de medias de Tukey efectuada al noventa y cinco por ciento de significancia, existe una diferencia entre los tratamientos que está injertado y no injertado. Esto se debe a que los porta injertos tiene la capacidad de dar vigor durante todo el ciclo de producción a las plantas que están injertadas en ellos en este caso es la variedad Tabaré, en comparación de plantas que son de ciclo largo pero no pueden mantener su vigor durante todo el ciclo.

Cuadro 30. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable inflorescencia del racimo número 17 para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias de inflorescencia (días) | Grupo Tukey |
|-------------|---------------------------------|-------------|
| Tabaré | 11 | a |
| Shelter | 9 | b |
| Anchor | 9 | b |

Fuente: Elaboración propia.

La variable de días a floración indica que el cultivar de Tabaré injertado en Anchor y Shelter, son precoces en comparación con su testigo Tabaré. Los tratamientos injertados poseen un vigor superior a Tabaré sin injertar por lo cual ayuda a que las inflorescencias abran más rápido sus flores en comparación con el tratamiento sin injertar.

6.3.4. Hojas entre racimos

En esta variable evaluada no se tuvo ninguna diferencia entre los tratamientos, debido a que los tratamientos evaluados son de una misma variedad y esta característica agronómica no fue alterada por los porta injertos en estudio. El número de hojas entre racimos fue de 3 hojas entre cada uno en todos los tratamientos evaluados.

6.3.5. Distancia entre racimos (cm)

Los datos que se tomaron en cuenta para realizar el análisis de varianza de distancia en centímetros entre racimos, es un promedio de cada tratamiento de acuerdo a su repetición, se muestran en el cuadro 31.

Cuadro 31. Distancia en cm, entre racimos de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 31.60 | 31.81 | 30.81 | 31.46 |
| Shelter | 30.66 | 30.98 | 30.13 | 30.85 |
| Anchor | 30.06 | 31.06 | 30.70 | 30.86 |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en el cuadro 32 se presenta el análisis de varianza para la variable distancia entre racimos de los porta injertos evaluados, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al noventa y cinco por ciento de significancia; obteniendo un coeficiente de variación de por 1.03%.

Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable distancia entre racimos en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|-------|------|------|------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 1.52 | 0.76 | 7.55 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 0.93 | 0.31 | 3.07 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 0.60 | 0.10 | | | | |
| Total | 11 | 3.05 | | | | | |
| C.V | 1.03% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que existe diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la comparación de medias de Tukey, que se observan en el cuadro 33, evaluando los tratamientos a un grado de significancia del noventa y cinco por ciento. Los tratamientos injertados con los porta injertos Shelter alcanzaron una distancia de 30.66 cm, los de Anchor de 30.67 cm, pero el que posee mayor distancia entre racimos, es el cultivar de Tabaré sin injertar, con 31.42 cm.

Cuadro 33. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable distancia entre racimos para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias de distancia en cm | Grupo Tukey |
|-------------|---------------------------|-------------|
| Tabaré | 31.42 | a |
| Anchor | 30.67 | b |
| Shelter | 30.66 | b |

Fuente: Elaboración propia.

La distancia entre racimos al final de una producción puede llegar a significar 1 o 2 racimos mas en plantas injertadas comparando con plantas sin injertar, lo que ayuda a tener un mejor rendimiento.

6.3.6. Número de frutos por racimos

El número de frutos por racimo, es una variable que se realizó la toma de datos cuando los tomates ya estaban sazones, así tener un dato exacto de los tomates que tenia cada racimo, el cuadro 34 muestra el comportamiento del número de tomates por racimo de cada tratamiento en su repetición.

Cuadro 34. Distancia en cm, entre racimos de los tratamientos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamientos | Repeticiones | | | |
|--------------|--------------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Tabaré | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Shelter | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Anchor | 4 | 5 | 4 | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

A través del cuadro 35 se presenta el análisis de varianza para la variable número de frutos por racimo de los porta injertos de tomate, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, obteniendo un coeficiente de variación de 7.53%.

Cuadro 35. Análisis de varianza para la variable número de frutos por racimos en los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| FV | G.L. | S.C. | M.C. | F.C. | F. Tabulada | | Significancia |
|--------------|-------|------|------|------|-------------|------|---------------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Tratamientos | 2 | 2.17 | 1.08 | 13 | 5.14 | 10.9 | ** |
| Bloques | 3 | 1 | 0.33 | 4 | 4.76 | 9.78 | NS |
| Error | 6 | 0.50 | 0.08 | | | | |
| Total | 11 | 3.67 | | | | | |
| C.V | 7.53% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de priorizar tratamientos en relación a la variable número de frutos por racimo, se realizó la comparación de medias de Tukey, evaluando los porta injertos con un grado de significancia del noventa y cinco por ciento; determinando al cultivar de Tabaré injertado en Anchor y Shelter con el mayor número de tomates por racimo, quedando por debajo de ellos la variedad de Tabaré sin injertar con un número de frutos por racimo de 3, lo que se presenta en cuadro 36.

Cuadro 36. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable número de frutos por racimo para los porta injertos evaluados en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tratamiento | Medias | Grupo Tukey |
|-------------|--------|-------------|
| Anchor | 4 | a |
| Shelter | 4 | a |
| Tabaré | 3 | b |

Fuente: Elaboración propia.

La variable de número de frutos por racimo indica que los tratamientos injertados en Anchor y Shelter poseen mayor número en comparación con su testigo Tabaré. La cantidad de frutos que poseen los tratamientos se debió a las condiciones adversas en las cuales se realizó la producción, lo que llevó a que la planta no cuajara todas sus flores.

El número de tomates por racimo es superior en los tratamientos injertados, esta variable es resultado del vigor que poseen estos tratamientos durante su ciclo productivo.

6.4. Relación beneficio costo

Con el fin de determinar cuál de los tratamientos es el mejor económicamente y así facilitar la toma de decisiones de elegir que tratamiento es el que mejor beneficio trae para realizar una producción de tomate con ellos, se efectuó la relación beneficio costo que se presenta en el cuadro 37.

Cuadro 37. Relación beneficio costo por hectárea de los tratamientos experimentales de tomate, producido bajo condiciones protegidas de casa malla, en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Costos por hectárea | Anchor | Shelter | Tabaré |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Pilón | Q91,406.25 | Q91,406.25 | Q17,968.75 |
| Material tuto | Q24,382.25 | Q24,382.25 | Q24,382.25 |
| Tutorado ((mano de obra) | Q28,985.00 | Q28,985.00 | Q17,270.00 |
| Cosecha (mano de obra) | Q7,260.00 | Q7,260.00 | Q4,620.00 |
| Clasificación frutos (mano de obra) | Q4,675.00 | Q4,675.00 | Q2,805.00 |
| Total costos variables | Q156,708.50 | Q156,708.50 | Q67,046.00 |
| Costos fijos | Q182,196.15 | Q180,031.35 | Q167,293.55 |
| Total | Q393,231.50 | Q336,739.85 | Q234,339.55 |
| Imprevistos (5%) | Q16,133.93 | Q16,025.69 | Q10,640.37 |
| Intereses (2%) | Q7,837.86 | Q7,799.65 | Q5,385.19 |
| Costo total /Ha | Q417,203.29 | Q418,781.99 | Q295,644.62 |
| Ingresos por hectárea | Anchor | Shelter | Tabaré |
| Rendimiento Cajas / Ha | 4252 | 3924 | 1691 |
| Rendimiento ajustado (10%) | 3827 | 3532 | 1522 |
| Precio promedio | Q111.00 | Q111.00 | Q111.00 |
| Ingreso total / Ha | Q424,774.80 | Q392,007.60 | Q168,930.90 |
| Beneficio Neto | Q268,066.30 | Q235,299.10 | Q101,884.90 |
| Ganancia neta | Q7,571.51 | -Q26,774.39 | -Q126,713.72 |
| Análisis Económico | Anchor | Shelter | Tabaré |
| Relación Beneficio/costo | 1.02 | 0.94 | 0.57 |

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 37 permite apreciar que el tratamiento injertado en Anchor tienen mayor beneficio económico, en comparación con Shelter y Tabaré sin injertar, los injertados tuvieron menor incidencia a marchitez bacteriana en comparación con Tabaré, por estos tenían mayor número de plantas vivas, rendimiento mejor, y plantas con mejor vigor.

La relación beneficio costo indica que Anchor, que tuvo el mayor valor de tolerancia, al invertir un quetzal se obtuvo una ganancia de 2 centavos, Shelter que posee una ligera tolerancia a marchitez bacteriana, se obtuvo una pérdida de 6 centavos mientras que Tabaré que no posee tolerancia a marchitez bacteriana, se recupera 57 centavos y se pierden 43 centavos, por lo cual no se tiene beneficio económico.

Este análisis económico nos indica que para recuperar el capital invertido y obtener beneficio económico, se tiene que realizar una plantación de tomate injertada en Anchor, para evitar daños por marchitez bacteriana y tener buenos rendimientos en la cosecha.

6.5. Análisis de riesgo de la inversión

En el siguiente análisis se tomó en cuenta varios aspectos importantes en la selección de un tratamiento, debido a que se toman como referencia los resultados de las variables de tolerancia, rendimiento, relación beneficio costo, como se observa en el cuadro 38.

El tratamiento Tabaré sin injertar y el porta injerto Shelter, se presenta como un riesgo económico, en comparación a los demás tratamientos que están injertados y tuvieron menor incidencia de la enfermedad.

Cuadro 38. Priorización de resultados de los tratamientos experimentales de tomate, para las variables tolerancia, rendimiento y beneficio económico obtenidos en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.

| Tolerancia | | Rendimiento | | Beneficio económico | |
|--------------|---------------------|--------------|--------|---------------------|--------------|
| Tratamientos | Grado de tolerancia | Tratamientos | Kg/ha | Tratamientos | Relación B/C |
| Anchor | 2.4 | Anchor | 96,635 | Anchor | 1.02 |
| Shelter | 3.6 | Shelter | 89,176 | Shelter | 0.94 |
| Tabaré | 9 | Tabaré | 38,422 | Tabaré | 0.57 |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 38 indica que los tratamientos que tuvieron menor incidencia, poseen mayor rendimiento y mejor relación beneficio costo en comparación con su testigo. Permite tomar una decisión sobre los tratamientos injertados son mejores para realizar una producción de tomate en suelos que poseen marchitez bacteriana, tienen una nivel de tolerancia bueno, vigor durante todo su ciclo de producción, rendimientos y menor número de plantas muertas por marchitez bacteriana, lo que ayuda a evitar pérdidas económicas.

7. CONCLUSIONES

- Con la utilización de los modelos de incidencia y severidad de la enfermedad marchitez bacteriana, se determinó que los tratamientos injertados poseen mayor tolerancia a marchitez bacteriana, en comparación con el testigo Tabaré, pues el porta injerto Anchor, presentó mayor tolerancia a la enfermedad, con un valor de 2.4; seguido por el porta injerto Shelter con 3.6 y el testigo no posee tolerancia.
- En el rendimiento existe diferencia entre los tratamientos, debido a que la enfermedad provocó la muerte de un 92.50% de las plantas de Tabaré, 41.67% de Shelter y 35.83% de Anchor. El que tuvo mejor rendimiento fue el porta injerto Anchor, con una media de 96,635 Kg/Ha; seguido por el porta injerto Shelter, con una media de 86,176 Kg/Ha y luego Tabaré con una media de 38,422 Kg/Ha.
- Los mejores tratamientos fueron los injertados en Anchor y Shelter de acuerdo a sus características agronómicas, en las cuales superan al testigo Tabaré. Los porta injertos demostraron que son precoces al momento de la floración, poseen mayor número de frutos por racimo y mantienen un diámetro y vigor constante durante todo el ciclo productivo.
- En el análisis financiero se determinó que Anchor posee una relación beneficio costo de 1.02; los demás tratamientos no generan utilidad, pues Shelter presentó un B/C de 0.94 y Tabaré con 0.57, lo que indica que por cada quetzal invertido, únicamente se recupera 0.94 y 0.57, respectivamente.

8. RECOMENDACIONES

- En la producción de tomate con suelos infestados con *Ralstonia solanacearum*, utilizar el porta injerto Anchor, debido a que en esta investigación presentó un rendimiento de 96,635 Kg/Ha, un valor de 2.4 de tolerancia a la enfermedad, una relación beneficio costo de 1.02 y en condiciones climáticas adecuadas se puede mejorar el rendimiento y beneficio financiero.
- En el manejo del sistema de producción implementar las Buenas Prácticas Agrícolas, para minimizar la probabilidad de contaminación de las plantas que se producen en la casa malla. Además es conveniente eliminar las raíces adventicias cuando se siembra con porta injertos, debido a que la variedad Tabaré injertada en Shelter y Anchor produce una alta cantidad de raicillas.
- Realizar la evaluación de porta injertos o materiales de tomate que sean tolerantes a marchitez bacteriana, para efectuar comparaciones con el tratamiento que proporcionó mejores resultados en esta investigación, con el fin de tener una mayor cantidad de variedades o porta injertos que sean tolerantes y rentables en la producción.
- Conocer las condiciones climáticas del lugar para evitar condiciones adversas, como exceso de lluvia, alta humedad y temperaturas variables, debido a que estas condiciones contribuyen al rápido desarrollo de la bacteria que provoca la marchitez bacteriana en las plantas de tomate.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, GN. 1999. Fitopatología. 2 ed. México, Editorial Limusa. p.118-139.
- Arteaga, C; Avendaño, S. 2004. Manejo de marchitez bacteriana del tomate (*Burkholderia solanacearum*), con ocho tratamientos a nivel de invernadero. Tesis Ing. Agr. El Salvador, Universidad de San Salvador. p. 62.
- Barillas Morales, WA. 2013. Evaluación agronómica de cuatro híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) tolerantes a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, bajo condiciones protegidas de macro túnel, en el municipio de Camotán, Chiquimula. Tesis ing. Agr. Chiquimula, GT, CUNORI-USAC. 4-6 p.
- Campbell, G; Madden, S. 1990. Análisis temporal de epidemias: descripción y comparación de curvas de progreso de la enfermedad. Brasil, PROAOD. p. 92-193.
- Castaño, J. 1989. Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Colombia, Universidad de Caldas. p. 59-67.
- Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo del tomate (en línea). San Salvador, IDEA. 38 p. Consultado 14 jun. 2014. Disponible en http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate_WEB.pdf.
- DISAGRO, GT. 1996. Plan de manejo para el cultivo de tomate (en línea). Guatemala. 10 p. Consultado 30 jul. 2014. Disponible en: <http://www.disagro.com/tomate/tomate1.htm>.

- FASAGUA (Federaciones de Asociaciones Agrícolas de Guatemala). 2005. Adopción de tecnología en la producción agrícola de los valles centrales de Baja Verapaz. *Nuestro Campo* no. 10:12.
- Gudiel, D. 2012. Diagnóstico y servicios realizados en finca La Nobleza del municipio de Camotán, departamento de Chiquimula. Informe EPS Agr. Guatemala, USAC. 60 p.
- INFOAGRO (Información Agrícola, ES). 2012. Cultivo de tomate (en línea). España, Editorial Agrícola Española S.A. Consultado jun. 2014. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.
- Izaguirre De León, LF. 2008. Epidemiología de la marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. en el oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 82 p.
- Lemus Carrillo, A. 2012. Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de fruto de seis híbridos de tomate tolerantes a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), en aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Rafael Landivar. p. 4-16.
- López, JG. 2004. Evaluación del solarizado para el control de *Ralstonia solanacearum* en tomate *Lycopersicon esculentum*, en la aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 47.
- Mejía, L. 2003. Resistencia genética para la producción sostenible del tomate: producción de híbridos tolerantes a virosis transmitida por mosca blanca y su evaluación agronómica y molecular: informe final. Guatemala, FODECYT11-00. p. 6-7

- Patrice G. 2009. *Ralstonia solanacearum* raza 3 biovar 2 (en línea). Estado Unidos, Champoiseau de la Universidad de Florida, Programa de Iniciativa Nacional de Investigaciones (2007-2010). p. 7-13.
- Priou, S; Aley, P; Chujoy, E; Lemaga, B; French, E.R. 2010. Control integrado de la marchitez bacteriana de la papa (en línea). Perú, CIP. 34 p. Consultado 26 jun. 2014. Disponible en <http://www.cipotato.org/training/Materials/Publications/guiaesp.pdf>
- Rivera, JM. 2012. Marchitez bacteriana en solanáceas: su reconocimiento y manejo. La Limá, Cortés, HN, FHIA. p. 1-10.
- Rodríguez M, DJ. 2007. Determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, asociados a la marchitez bacteriana en los cultivos de tomate y chile en el oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 35-40.
- Romero, A. 2008. Evaluación agronómica de cuatro materiales de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) resistentes a virosis a campo abierto en una localidad del municipio de Copan Ruinas, Honduras. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 37.
- Sánchez, A; Mejía, L; Allen C. 2006. Estudio filogenético y de distribución de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en Guatemala. *Tikalía* 24(1): 17 – 33.
- Teetes, GL. 1996. Resistencia de las plantas a los insectos: un componente fundamental del MIP. Estados Unidos, Departamento de Entomología Universidad A&M de Texas. p. 1-5. Consultado 25 jun. 2014. Disponible en <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/TeetesSp.htm>



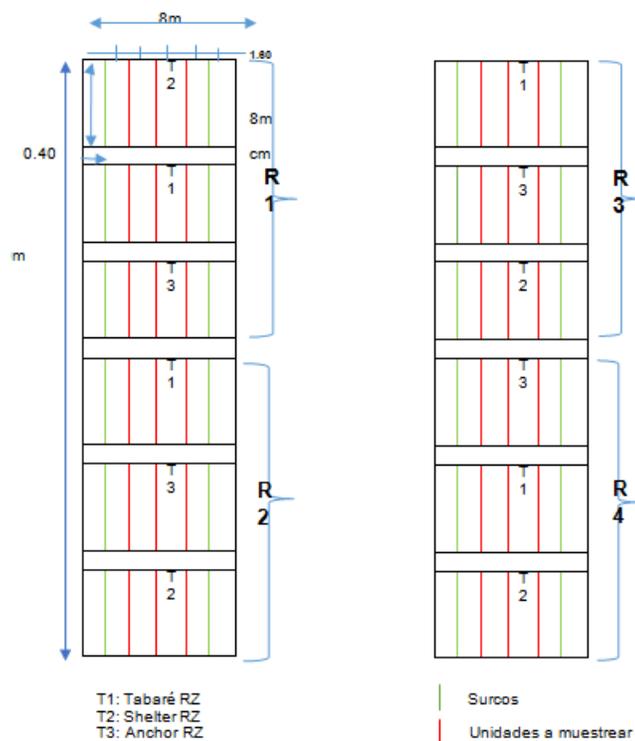
10. ANEXOS

Anexo 1. Área experimental donde se llevo a cabo la evaluación de los tratamientos tolerantes a *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, ubicada en la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. 2014.



Anexo 2. Diseño experimental de Bloques al azar, utilizado en la evaluación de tolerancia a Marchitez bacteriana en híbridos de tomate.

Distanciamiento



Anexo 3. Trasplante de los pilones para cada uno de los tratamientos evaluados.



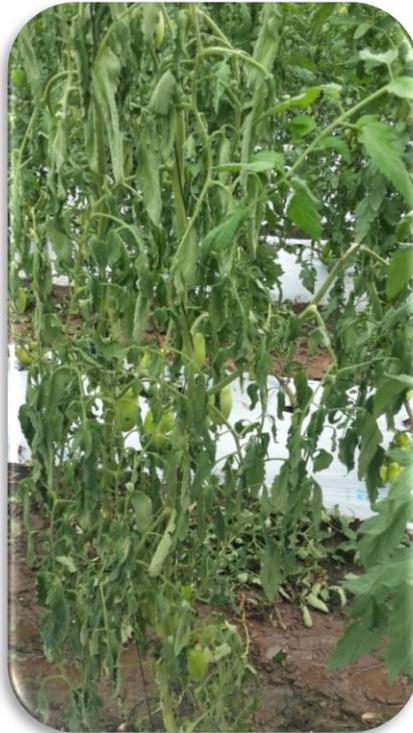
Anexo 4. Cultivar de Tabaré de los tratamientos evaluados, 22 días después del trasplante.



Anexo 5. Presencia de epinastia en las hojas del testigo evaluado a los 50 días después del trasplante.



Anexo 6. Perdida de turgencia de las hojas del testigo evaluado a los 52 días después del trasplante.



Anexo 7. Marchitez generalizada en testigo de los tratamientos evaluados a los 54 días después del trasplante.



Anexo 8. Plantas muertas del testigo Tabaré producto de Marchitez bacteriana.



Anexo 9. Tratamiento de Tabaré fue el más afectado por marchitez bacteriana.



Anexo 10. Tratamientos evaluados injertados en Anchor.



Anexo 11. Tomates cosechados de los tratamientos evaluados.



Anexo 12. Pesaje del tomate cosechado a cada tratamiento evaluado.



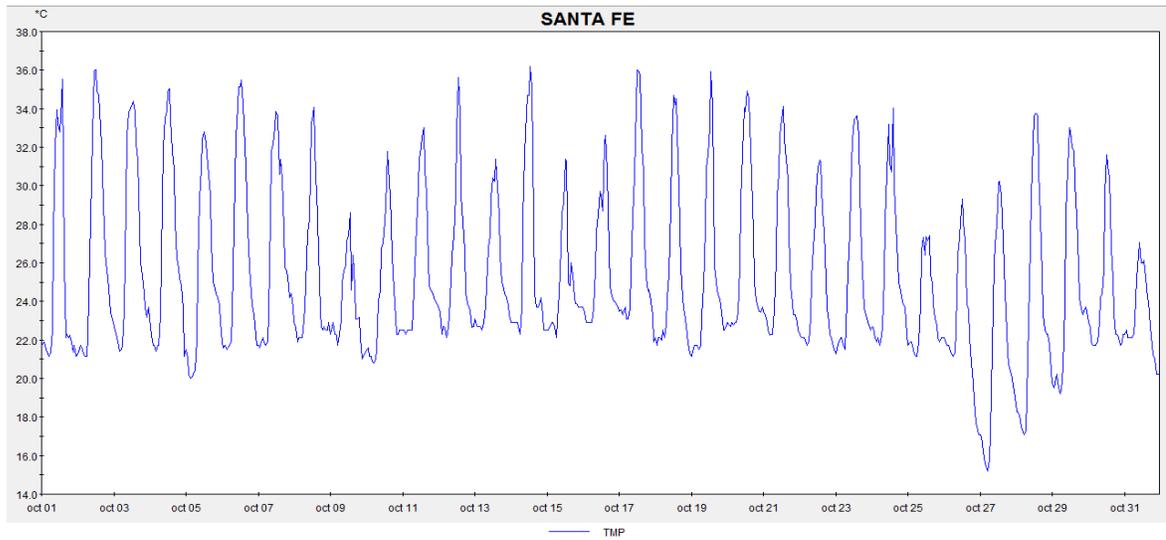
Anexo 13. Toma de datos de altura a los tratamientos evaluados.



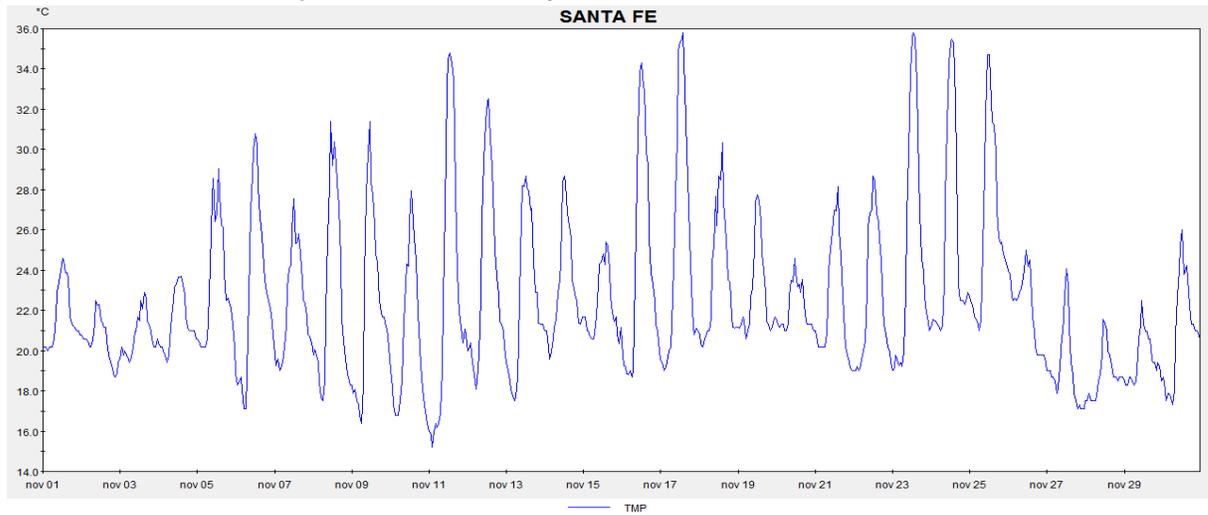
Anexo 14. Medidor de temperatura y humedad instalado en el área experimental.



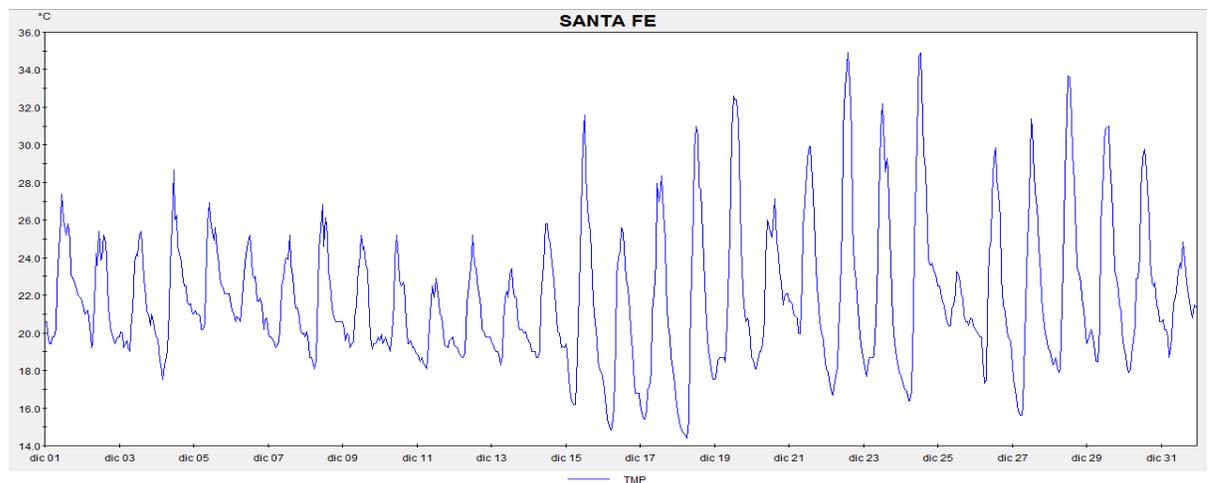
Anexo 15. Temperatura máxima y mínima del mes de octubre del 2014.



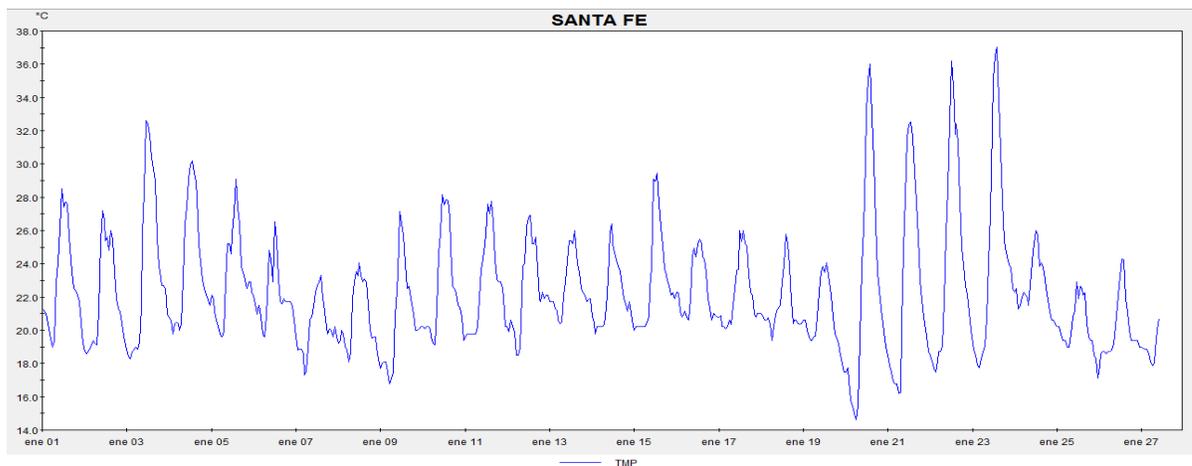
Anexo 16. Temperatura máxima y mínima del mes de noviembre del 2014.



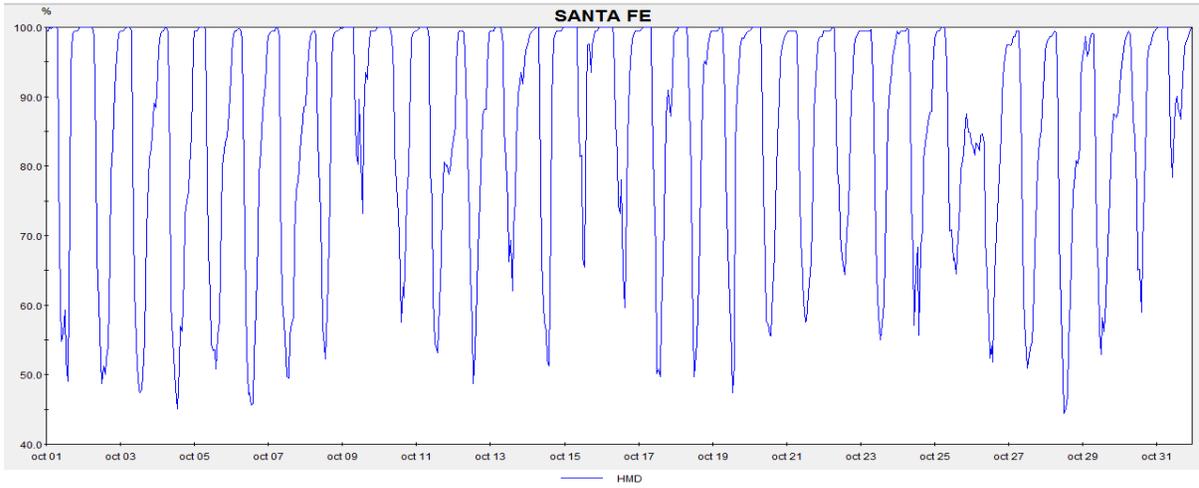
Anexo 17. Temperatura máxima y mínima del mes de diciembre del 2014.



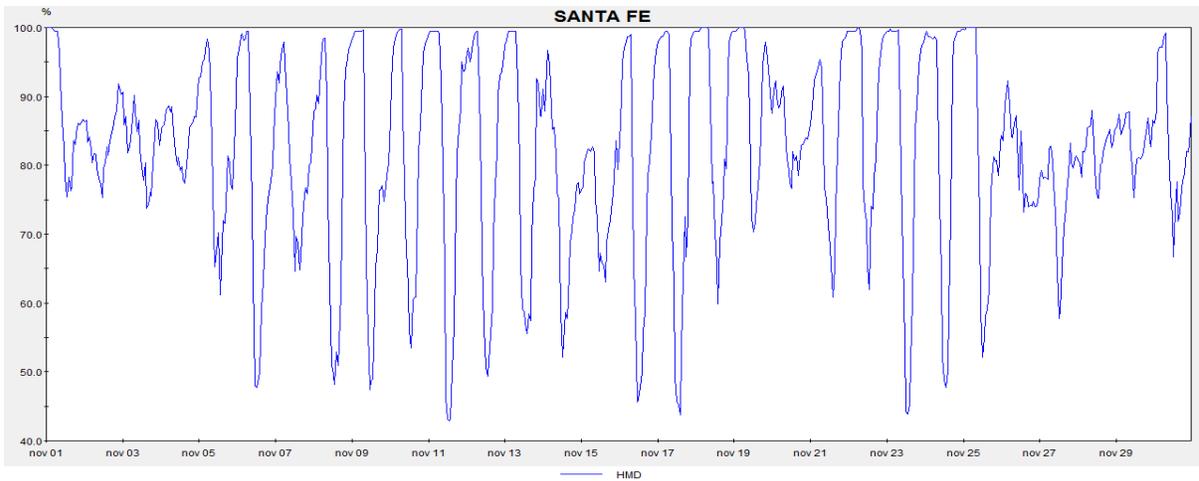
Anexo 18. Temperatura máxima y mínima del mes de enero del 2015.



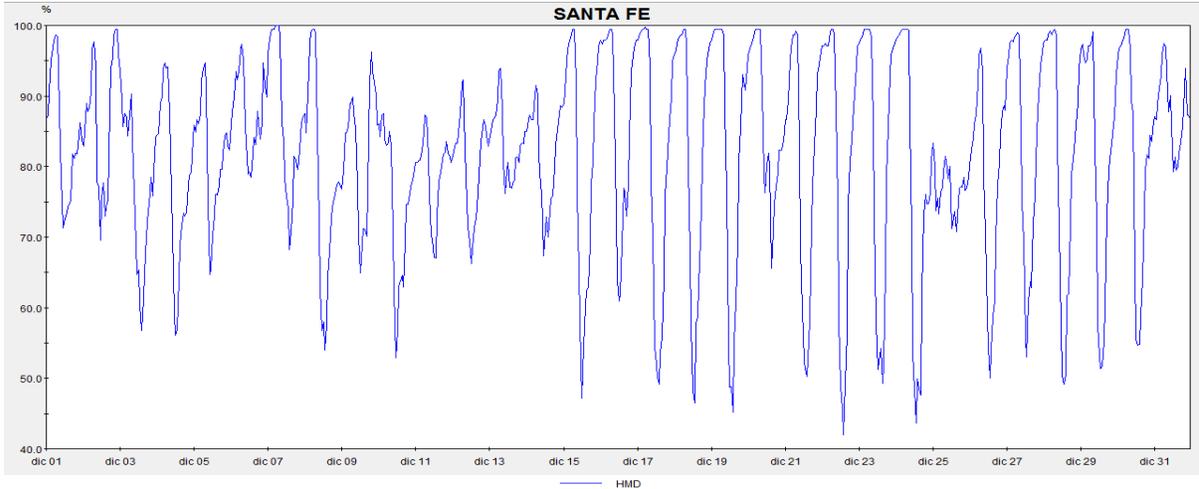
Anexo 19. Humedad máxima y mínima del mes de octubre del 2014.



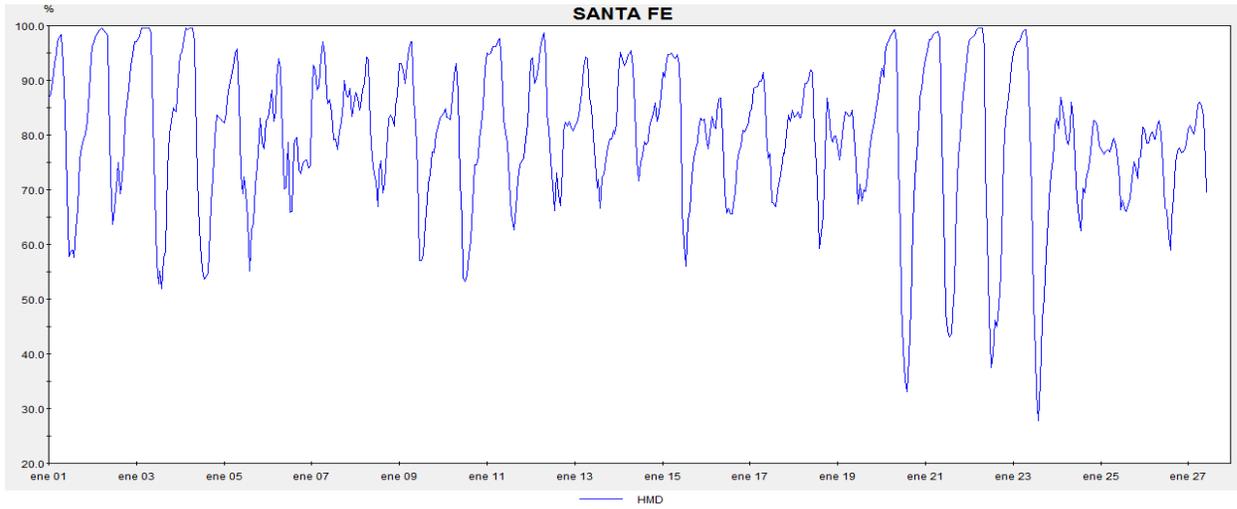
Anexo 20. Humedad máxima y mínima del mes de noviembre del 2014.



Anexo 21. Humedad máxima y mínima del mes de diciembre del 2014.



Anexo 22. Humedad máxima y mínima del mes de enero del 2015.



Anexo 23. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo del porta injertos Anchor, según su presupuesto parcial.

| EGRESOS - 1 CICLO | Cantidad | Unidad de medida | Costo unitario | Sub Total | TOTAL |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| 1. Renta o valor de la tierra | | | | | Q51,500.00 |
| Arrendamiento | 1 | Ha | Q1,500.00 | Q1,500.00 | |
| Estructura de casa malla | 1 | | Q50,000.00 | Q50,000.00 | |
| 2. Mecanización | | | | | Q3,500.00 |
| Preparación del terreno | | | | Q3,500.00 | |
| 3. Mano de obra | | | | | Q53,130.00 |
| Trazado y ahoyado | 25 | jornal | Q55.00 | Q1,375.00 | |
| Siembra | 30 | jornal | Q55.00 | Q1,650.00 | |
| Re-siembra | 10 | jornal | Q55.00 | Q550.00 | |
| Control de plagas y enfermedades | 102 | jornal | Q55.00 | Q5,610.00 | |
| Tutorado | 527 | jornal | Q55.00 | Q28,985.00 | |
| Control de malezas | 55 | jornal | Q55.00 | Q3,025.00 | |
| Cosecha | 132 | jornal | Q55.00 | Q7,260.00 | |
| Clasificación de frutos | 85 | jornal | Q55.00 | Q4,675.00 | |
| 4. INSUMOS | | | | | Q255,054.15 |
| Ganchos | 31625 | ganchos | Q0.33 | Q10,436.25 | |
| Mulch(acolchado) | 7 | rollos | Q1,000.00 | Q3,500.00 | |
| Cinta porta goteros | 4 | rollos | Q1,600.00 | Q3,200.00 | |
| Pilón | 15625 | pilón | Q5.85 | Q91,406.25 | |
| Anillos | 10 | cajas | Q731.00 | Q7,310.00 | |
| Fertilizantes hidrosolubles | 3588 | kilos | Q25.14 | Q90,202.32 | |
| Insecticidas | 52 | litro/kilo | Q383.14 | Q19,923.28 | |
| Fungicidas | 66 | litro/kilo | Q285.80 | Q18,862.80 | |
| Herbicidas | 25 | litro | Q125.01 | Q3,125.25 | |
| Pita | 158 | rollos | Q42.00 | Q6,636.00 | |
| Estacas | 452 | estaca | Q1.00 | Q452.00 | |
| 5. SERVICIOS | | | | | Q30,047.40 |
| Mantenimiento sistema de riego | --- | ---- | | Q9,000.00 | |
| Transporte de producto | 4252 | caja | Q4.95 | Q21,047.40 | |
| TOTAL | | | | | Q393,231.55 |
| Imprevistos (5%) | | | | | Q19,661.58 |
| Intereses (2%) | | | | | Q7,837.86 |
| TOTAL EGRESOS | | | | | Q.420,730.99 |

Anexo 24. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo del porta injertos Shelter, según su presupuesto parcial.

| EGRESOS - 1 CICLO | Cantidad | Unidad de medida | Costo unitario | Sub Total | TOTAL |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| 1. Renta o valor de la tierra | | | | | Q51,500.00 |
| Arrendamiento | 1 | Ha | Q1,500.00 | Q1,500.00 | |
| Estructura de casa malla | 1 | | Q50,000.00 | Q50,000.00 | |
| 2. Mecanización | | | | | Q3,500.00 |
| Preparación del terreno | | | | Q3,500.00 | |
| 3. Mano de obra | | | | | Q53,130.00 |
| Trazado y ahoyado | 25 | jornal | Q55.00 | Q1,375.00 | |
| Siembra | 30 | jornal | Q55.00 | Q1,650.00 | |
| Re-siembra | 10 | jornal | Q55.00 | Q550.00 | |
| Control de plagas y enfermedades | 102 | jornal | Q55.00 | Q5,610.00 | |
| Tutorado | 527 | jornal | Q55.00 | Q28,985.00 | |
| Control de malezas | 55 | jornal | Q55.00 | Q3,025.00 | |
| Cosecha | 132 | jornal | Q55.00 | Q7,260.00 | |
| Clasificación de frutos | 85 | jornal | Q55.00 | Q4,675.00 | |
| 4. INSUMOS | | | | | Q255,054.15 |
| Ganchos | 31625 | ganchos | Q0.33 | Q10,436.25 | |
| Mulch(acolchado) | 7 | rollos | Q1,000.00 | Q3,500.00 | |
| Cinta porta goteros | 4 | rollos | Q1,600.00 | Q3,200.00 | |
| Pilón | 15625 | pilón | Q5.85 | Q91,406.25 | |
| Anillos | 10 | cajas | Q731.00 | Q7,310.00 | |
| Fertilizantes hidrosolubles | 3588 | kilos | Q25.14 | Q90,202.32 | |
| Insecticidas | 52 | litro/kilo | Q383.14 | Q19,923.28 | |
| Fungicidas | 66 | litro/kilo | Q285.80 | Q18,862.80 | |
| Herbicidas | 25 | litro | Q125.01 | Q3,125.25 | |
| Pita | 158 | rollos | Q42.00 | Q6,636.00 | |
| Estacas | 452 | estaca | Q1.00 | Q452.00 | |
| 5. SERVICIOS | | | | | Q28,227.60 |
| Mantenimiento sistema de riego | --- | ---- | | Q9,000.00 | |
| Transporte de producto | 3924 | caja | Q4.90 | Q19,227.60 | |
| TOTAL | | | | | Q391,411.75 |
| Imprevistos (5%) | | | | | Q19,570.59 |
| Intereses (2%) | | | | | Q7,799.65 |
| TOTAL EGRESOS | | | | | Q.418,781.99 |

Anexo 25. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo de la variedad Tabaré, según su presupuesto parcial.

| EGRESOS - 1 CICLO | Cantidad | Unidad de medida | Costo unitario | Sub Total | TOTAL |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| 1. Renta o valor de la tierra | | | | | Q51,500.00 |
| Arrendamiento | 1 | Ha | Q1,500.00 | Q1,500.00 | |
| Estructura de casa malla | 1 | | Q50,000.00 | Q50,000.00 | |
| 2. Mecanización | | | | | Q3,500.00 |
| Preparación del terreno | | | | Q3,500.00 | |
| 3. Mano de obra | | | | | Q36,905.00 |
| Trazado y ahoyado | 25 | jornal | Q55.00 | Q1,375.00 | |
| Siembra | 30 | jornal | Q55.00 | Q1,650.00 | |
| Re-siembra | 10 | jornal | Q55.00 | Q550.00 | |
| Control de plagas y enfermedades | 102 | jornal | Q55.00 | Q5,610.00 | |
| Tutorado | 314 | jornal | Q55.00 | Q17,270.00 | |
| Control de malezas | 55 | jornal | Q55.00 | Q3,025.00 | |
| Cosecha | 84 | jornal | Q55.00 | Q4,620.00 | |
| Clasificación de frutos | 51 | jornal | Q55.00 | Q2,805.00 | |
| 4. INSUMOS | | | | | Q167,246.65 |
| Ganchos | 31625 | ganchos | Q0.33 | Q10,436.25 | |
| Mulch(acolchado) | 7 | rollos | Q1,000.00 | Q3,500.00 | |
| Cinta porta goteros | 4 | rollos | Q1,600.00 | Q3,200.00 | |
| Pilón | 15625 | pilón | Q1.15 | Q17,968.75 | |
| Anillos | 10 | cajas | Q731.00 | Q7,310.00 | |
| Fertilizantes hidrosolubles | 3588 | kilos | Q22.14 | Q79,438.32 | |
| Insecticidas | 52 | litro/kilo | Q320.14 | Q16,647.28 | |
| Fungicidas | 66 | litro/kilo | Q280.80 | Q18,532.80 | |
| Herbicidas | 25 | litro | Q125.01 | Q3,125.25 | |
| Pita | 158 | rollos | Q42.00 | Q6,636.00 | |
| Estacas | 452 | estaca | Q1.00 | Q452.00 | |
| 5. SERVICIOS | | | | | Q17,285.90 |
| Mantenimiento sistema de riego | --- | ---- | | Q9,000.00 | |
| Transporte de producto | 1691 | caja | Q4.90 | Q8,285.90 | |
| TOTAL | | | | | Q276,437.55 |
| Imprevistos (5%) | | | | | Q13,821.88 |
| Intereses (2%) | | | | | Q5,385.19 |
| TOTAL EGRESOS | | | | | Q.295,644.62 |

Anexo 26. Análisis bacteriológico del suelo del área experimental.



Empresa Ing. Carlos José Díaz / Ing. Walter Aristondo
Atención A Ing. Carlos José Díaz / Ing. Walter Aristondo
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Asunto Resultados análisis de Bacteriología
Código 1630714
Localidad Finca La Nobleza, Chiquimula
Cultivo Tomate
Fecha Colecta 28 de Junio del 2014
Fecha Recepción 01 de Julio del 2014
Fecha del Informe 07 de Julio del 2014

1-) Muestra de Suelo. Cultivo Tomate.

Resultados Análisis Bacteriología.

Metodología: Centrifugación y dilución en placa en medio KB: Dilución 1×10^{-2} , 1×10^{-3}

| Muestra | UFC de bacterias/mL | Patógenos reportados |
|---------|---------------------|-------------------------------------|
| Suelo | Menor a 2 | Desarrollo de colonias de bacterias |

UFC: Unidad formadora de colonias.

Metodología: Centrifugación y dilución en placa en medio TTC: Dilución 1×10^{-2} , 1×10^{-3}

| Muestra | UFC de bacterias/mL | Patógenos reportados |
|---------|---------------------|-------------------------------|
| Suelo | Menor a 2 | <i>Ralstonia solanacearum</i> |

UFC: Unidad formadora de colonias.

Prueba Kit Elisa:
Ralstonia solanacearum

POSITIVO

DIAGNÓSTICO

En la muestra de suelo analizado se detectó la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

Diagonal 6, 15-47 Local 1 Zona 10, Guatemala, C. A. 01010
 Tel.: (502) – 2-366-5941, (502) – 5-201-2104, FAX: (502) – 2-367-3454
 E-mail: info@agroexpertos.com