

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA



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

RONAL CARLOS ROEL PÉREZ LÓPEZ
2010 43300

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

RONAL CARLOS ROEL PÉREZ LÓPEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2015

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



**RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CERZO**

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. Heidy Jeaneth Martínez Cuestas
Representante de Estudiantes:	Br. Otoniel Sagastume Escobar
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

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

TERNA EVALUADORA

MSc. Elmer Barillas Klee
Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte
1. MSc. Mario Roberto Díaz Moscoso

Chiquimula, mayo del 2015

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad Chiquimula

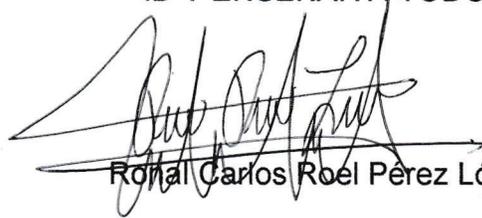
Honorables Miembros

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

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”



Ronald Carlos Roel Pérez López

REF-PTG- GAR-02-2015
Chiquimula, mayo de 2015

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

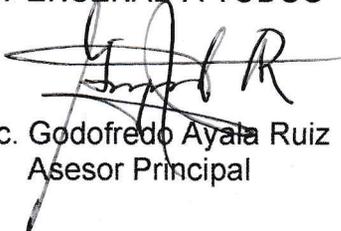
Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Ronal Carlos Roel Pérez López, en el trabajo de investigación denominado “EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA RESISTENCIA A MARCHITEZ BACTERIANA, CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, EN CUATRO PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L., BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA MALLA, EN EL MUNICIPIO DE IPALA, 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 ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Godofredo Ayata Ruiz
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-A-027/2015

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 RONAL CARLOS ROEL PÉREZ LÓPEZ titulado “EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA RESISTENCIA A MARCHITEZ BACTERIANA, CAUSADA POR *Raistonia solanacearum* E.F. Smith, EN CUATRO PORTA INJERTOS COMERCIALES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS DE CASA MALLA, EN EL MUNICIPIO DE IPALA, 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 doce de mayo del dos mil quince.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI-USAC



ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Por concederme la oportunidad de lograr una de mis mayores metas, por estar a mi lado y bendecirme siempre.
- A MIS PAPAS: Arcely López y Roel Pérez, por sus sacrificios y apoyo incondicional, los cuales se ven recompensados en el triunfo que he alcanzado, mil gracias.
- A MIS HERMANAS: Claudia Pérez, Sandra Pérez, América Pérez, por animarme a alcanzar este logro, y que sirva de estímulo para alcanzar sus metas.
- A MIS TIOS Y TIAS: Por el cariño que me han brindado siempre.
- A MIS AMIGOS Y
COMPAÑEROS: Por brindarme su amistad sincera, su afecto y por los buenos momentos que hemos compartido.
- A MIS ASESORES: MSc. Godofredo Ayala Ruiz e Ing. Agr. Wilmer Barillas Morales, por el apoyo y orientación que me han brindado, muchas gracias.

A MIS CATEDRATICOS: Por sus enseñanzas compartidas en mi formación profesional.

AL CUNORI-USAC: Porque en tus aulas encontré mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO CONCEPTUAL	2
2.1 Justificación	2
2.2 Antecedentes históricos	3
2.3 Planteamiento del problema	4
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Descripción del cultivo de tomate	6
3.1.1 Origen del cultivo	6
3.1.2 Taxonomía del cultivo	6
3.1.3 Morfología del cultivo	6
3.1.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo	8
3.1.5 Plagas y enfermedades	10
3.2 Marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i>	11
3.2.1 Descripción de la enfermedad y síntomas	11
3.2.2 Características del patógeno <i>Ralstonia solanacearum</i>	12
3.2.3 Ciclo de la marchitez bacteriana	14
3.3 Resistencia de plantas a enfermedades	15
3.4 Estimación de daños causado por enfermedades en las plantas	18
3.5 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)	19
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1 Descripción del área	21
4.2 Localización y ubicación geográfica	21
4.3 Condiciones climáticas y zonas de vida	22
4.3.1 Recursos naturales	22
4.3.2 Recursos físicos	24
4.3.3 Recurso humano	24
5. MARCO METODOLÓGICO	25
5.1 Objetivos	25

5.1.1 Objetivo general	25
5.1.2 Objetivos específicos	25
5.2 Hipótesis	26
5.3 Métodos de trabajo	27
5.3.1 Área experimental	27
5.3.2 Diseño experimental	27
5.3.3 Materiales evaluados	28
5.3.4 Variables evaluadas	30
6. DISCUIÓN DE RESULTADOS	37
6.1 Tolerancia	37
6.1.1 Incidencia	38
6.1.2 Severidad	41
6.2 Características agronómicas	43
6.2.1 Altura de la planta	43
6.2.2 Diámetro del tallo	45
6.3 Rendimiento	47
6.3.1 Tamaño y clasificación del fruto	48
6.3.2 Rendimiento según el tamaño del fruto	54
6.3.3 Vida de anaquel y consistencia de frutos	55
6.4 Rentabilidad financiera	57
6.5 Análisis de riesgo de la inversión	59
7. CONCLUSIONES	60
8. RECOMENDACIONES	61
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
10. ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Principales plagas del cultivo de tomate en Guatemala.	10
2. Principales enfermedades del cultivo de tomate en Guatemala.	11
3. Resumen de resultados obtenidos en caracterización de biovares y filotipos de <i>Ralstonia solanacearum</i> en Guatemala.	13
4. Patógenos que pueden controlarse por resistencia genética en los cultivares comerciales de chile y tomate.	18
5. Especies vegetales predominantes en la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula.	23
6. Escala de severidad de la Marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i> en tomate, basada en su sintomatología.	32
7. Grado de tolerancia a <i>Ralstonia solanacearum</i> en materiales experimentales, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros de incidencia y severidad, El Amatillo, Ipala; Chiquimula, 2014.	38
8. Análisis de varianza para el indicador de incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> expresado en porcentaje, sobre los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014.	38
9. Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador de incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> , sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	39
10. Estandarización y re-escalamiento del grado de incidencia a <i>Ralstonia solanacearum</i> , sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	40

11. Análisis de varianza para el indicador de severidad de *Ralstonia solanacearum*, en unidades de AUDPC, sobre los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.2014. 41
12. Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador severidad de *Ralstonia solanacearum*, sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014. 42
13. Estandarización y re-escalamiento de unidades de AUDPC del indicador severidad de *Ralstonia solanacearum*, sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014. 42
14. Análisis de varianza para la variable altura en centímetros de los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014. 43
15. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable altura en centímetros de los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014. 44
16. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en centímetros de los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014. 45
17. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable diámetro de tallo en centímetros de los materiales experimentales, El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014. 46
18. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en centímetros de los materiales experimentales evaluadas en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014. 46

19. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable rendimiento total en kilogramos y cajas por hectárea de los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	47
20. Porcentaje total de frutos en materiales experimentales, clasificados de acuerdo a su tamaño, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	48
21. Análisis de varianza para el rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de primera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	49
22. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de primera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	49
23. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de segunda, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	50
24. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de segunda, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014	50
25. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de tercera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	51
26. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de tercera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	52

27. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de cuarta, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	52
28. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de cuarta, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014	53
29. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de rechazo, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	53
30. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de rechazo, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	54
31. Vida de anaquel y consistencia de fruto presentado por los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	55
32. Análisis financiero por hectárea de los materiales experimentales, producidos bajo condiciones protegidas de casa malla, en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.2014.	56
33. Relación beneficio costo en diferentes precios de mercado, por caja de tomate de los materiales evaluados, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.	57
34. Priorización de resultados en materiales experimentales, para las variables tolerancia, rendimiento y rentabilidad económica obtenidos en el municipio de Ipala, Chiquimula.2014.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ciclo de la marchitez bacteriana ocasionada por <i>Ralstonia solanacearum</i> .	15
2. Mapa de la finca “El Mango”, ubicada en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.	21
3. Porcentaje de incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> sobre materiales experimentales de tomate, obtenidos en la aldea El Amatillo, Chiquimula. 2014.	40
4. Altura promedio expresada en centímetros, de los materiales experimentales de tomate en diferentes etapas fenológicas.	44

2. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es uno de los principales productos agrícolas de consumo diario en los hogares guatemaltecos, por sus valores nutritivos. Respecto al oriente del país, Ipala es el segundo municipio en cuanto a producción de tomate, con un 40.01% (Mendoza, 2006).

Durante los últimos años la producción de tomate en el oriente de Guatemala ha sido afectada por plagas y enfermedades, las cuales han reducido los niveles de rendimiento y limitado su cultivo en ciertas áreas. Dentro de este contexto cabe mencionar los problemas de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en el departamento de Chiquimula, la cual ha contribuido a la limitación del cultivo en áreas infestadas, resultando en la migración de los productores hacia áreas no infestadas o el abandono de esta actividad.

Con el objetivo de encontrar alternativas de producción por medio de la validación de materiales de tomate que minimicen el problema ocasionado por *Ralstonia solanacearum*, se realizó la evaluación de tolerancia en cuatro porta-injertos comerciales de tomate. La investigación se llevó a cabo en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula, en el transcurso de agosto a enero; la cual corresponde a una de las zonas productoras, con antecedentes de presencia de la enfermedad y que en la actualidad limita la producción de tomate.

La metodología que se utilizó se fundamentó en la selección de genotipos para el proceso productivo con tolerancia a la enfermedad marchitez bacteriana, alto rendimiento, rentabilidad. La evaluación consistió en el establecimiento de una plantación de tomate con los materiales en estudio, bajo el diseño experimental de bloques al azar; utilizando como base para la determinación de la tolerancia, los parámetros de severidad e incidencia de la enfermedad sobre los genotipos de tomate.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Justificación

La marchitez bacteriana es considerada la principal enfermedad de origen bacteriano en tomate, limitando la producción de otros cultivos con importancia económica para las regiones tropicales y sub-tropicales, entre ellos: berenjena, tabaco, chile pimiento, banano y maní. La enfermedad es causada por diversos géneros de bacterias, entre ellos *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Clavibacter*, *Erwinia* y *Burkholderia*; considerándose como su principal patógeno *Ralstonia solanacearum*.

Las limitantes en la producción se deben principalmente a la alta severidad de los patógenos (bacterias), ya que en condiciones óptimas para su desarrollo pueden causar la muerte de la planta en un tiempo menor a cinco días. La marchitez bacteriana ocasionada por *Ralstonia solanacearum*, es un problema importante en el cultivo de tomate en Guatemala, tanto por las pérdidas directas que causa, como los altos costos de los tratamientos para su control, los cuales han sido poco efectivos.

En Guatemala, la enfermedad se ha presentado de forma más severa en las Zonas Sur Oriente y Nor Oriente del país, debido a que las condiciones ambientales de la región han favorecido el desarrollo y diseminación del patógeno sobre las áreas productoras de tomate.

La agricultura bajo cobertura ha generado un incremento en la incidencia y severidad de enfermedades foliares y de suelo a causa de la alteración de temperaturas y humedades en el interior de las estructuras, creando condiciones ambientales (microclimas) favorables para el desarrollo de *Ralstonia solanacearum*.

Las medidas de control para *Ralstonia solanacearum*, se han enfocado en brindarle un buen manejo agronómico al cultivo y la utilización de productos químicos; sin embargo, estos métodos tienen un costo relativamente alto y no han sido del todo efectivos, por lo que se ve en la necesidad de incurrir en la genética del cultivo, creando variedades e híbridos con mayor resistencia o tolerancia a condiciones ambientales y enfermedades.

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.

Con el propósito de encontrar alternativas que ayuden a minimizar el problema ocasionado por la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), se realizó la evaluación agronómica de la resistencia a marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, de cuatro porta injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de Ipala, Chiquimula.

2.2 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* (Orozco, 1997).

En 1965 fue localizada en América Latina sobre áreas amazónicas de Sur América y grandes altitudes en Perú y Costa Rica. En lo que respecta a Guatemala, surge en el municipio de Palencia, del cual fue colectada y aislada, procediéndose a la demostración de su patogenicidad. A pesar de los esfuerzos realizados para su prevención, la enfermedad se diseminó en otras áreas de Palencia, Chimaltenango, Sololá, Huehuetenango y varias zonas de Quiché.

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; debido a que la maquinaria agrícola (tractor) que se empleaba en la zona, también era utilizada en otras áreas productoras de los departamentos de Chiquimula y Jutiapa; resultó que en la segunda temporada de siembra (época de invierno) aparecieran las primeras plantas infectadas en la región (Orozco, 1997).

En 2007, se realizó la determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanacearum*, asociadas a la marchitez bacteriana en los cultivos de chile y tomate, de los valles productores del Oriente de Guatemala, demostrando la presencia de la enfermedad en las áreas productoras de la región.

Según la evaluación realizada por Barillas Morales, WA. 2013, en cuatro híbridos de tomate de crecimiento determinado, tolerantes a marchitez bacteriana, recomienda al híbrido de tomate 1098, ya que es el que presenta mayor tolerancia a la enfermedad, siendo una alternativa práctica, viable y económica para la producción de tomate con problemas de *Ralstonia solanacearum*.

2.3 Planteamiento del problema

Ralstonia solanacearum antes conocida como (*Pseudomonas solanacearum*), es el principal patógeno causante de la marchitez bacteriana en cultivos de tomate, papa, berenjena y chile pimiento; la enfermedad se manifiesta de forma más intensa cuando se presentan en las áreas de producción temperaturas y humedades relativas altas, debido principalmente a la época de lluvia, riegos excesivos y a la alteración de temperaturas producidas por estructuras.

Según Mejía (2003), una de las principales causas que limita la producción de tomate a campo abierto y bajo condiciones protegidas en el oriente de Guatemala, han sido las enfermedades causadas por bacterias, principalmente las asociadas a la marchitez bacteriana provocada por *Ralstonia solanacearum*.

La marchitez bacteriana provocada por *Ralstonia solanacearum*, en el departamento de Chiquimula, ha contribuido a la limitación del cultivo en áreas infestadas y en consecuencia a la búsqueda de otros cultivos con mayor tolerancia o resistencia (pimientos, pepino, entre otros) por parte de los productores.

Ralstonia solanacearum, causa graves pérdidas económicas a los productores de tomate de la región oriental, por motivos diversos como: altos costos utilizados para la prevención (desinfección de suelos y productos químicos utilizados para su control), reducción en los niveles de producción y en algunos casos la pérdida total de la producción. Otro de los motivos por el cual *Ralstonia solanacearum*, causa graves daños a los productores de tomate, se debe a que en las zonas productoras de Chiquimula, la enfermedad se desarrolla de forma más severa debido a que las temperaturas del área son ideales para que se desarrolle.

Tomando como referencia la existencia de esta limitante para los productores de tomate en la región, la Carrera de Agronomía del Centro Universitario de Oriente -CUNORI, realizó en el periodo de agosto a enero la evaluación agronómica de la tolerancia a marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, en cuatro porta injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de Ipala, Chiquimula.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Descripción del cultivo de tomate

3.1.1 Origen del cultivo

El origen del género *Lycopersicum*, se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero fue en México donde se domesticó. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero para entonces ya habían sido llevados a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

3.1.2 Taxonomía del cultivo

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: *Solanáceas*

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum* L.

3.1.3 Morfología del cultivo

a. Planta

Perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas) (INFOAGRO, 2014).

b. Sistema radicular

Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (INFOAGRO, 2014).

c. Tallo principal

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 o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (INFOAGRO, 2014).

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 empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (INFOAGRO, 2014).

e. Flor

Es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos 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. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a

10 en variedades comerciales de tomate calibre mediano y grande; 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. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (INFOAGRO, 2014).

f. Fruto

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (INFOAGRO, 2014).

3.1.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

a. Temperatura

El tomate es un cultivo de clima cálido y templado, que no soporta heladas. La temperatura del suelo debe estar en el rango de los 12º a 16º C; mientras que la temperatura ambiente para su desarrollo debe estar entre los 21º y 24º C; siendo 22º C la temperatura óptima. Temperaturas más altas o más bajas pueden detener su crecimiento, provocar poco amarre del fruto, o aborto de flores. El rango óptimo de temperatura para la maduración del fruto es de 18º a 24º C. Por otro lado, para lograr una óptima pigmentación rojiza el rango adecuado de temperatura es de 22º a 28º C.

b. 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 esperaríamos 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).

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

Los suelos aptos para cultivar tomate son los de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco-arenosos, arcillo-arenosos y orgánicos. El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 5.9 - 6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen.

Otro aspecto que se debe de considerar previo a la siembra de tomate, son los antecedentes del terreno, ya que se han observado problemas con enfermedades bacterianas, principalmente el ataque de marchitez bacteriana en plantaciones realizadas sobre suelos con antecedentes de uso pecuario (Corpeño, 2004).

3.1.5 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 (Cuadros 1 y 2).

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

Plagas	Insectos	Ácaros	Nematodos
Chupadores	Afidos/Pulgones	Ácaro 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

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 la *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. Ocasionalmente de esta forma un marchitamiento vascular y por ende sistémico (Mejía, 2003).

Estos taponamientos pueden obstruir el paso de 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 toma en un marrón más oscuro y finalmente la medula y la corteza se vuelven marrones. Por lo general los síntomas en las 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

Ralstonia solanacearum es una bacteria gram negativa, con forma de bastón de 0.5 – 0.7 μm (micrómetro) de largo, aeróbicas, móvil, no forma spora ni capsula, provoca reducción de nitratos y formación de amoníaco (Agrios, 1995).

En medio líquido la bacteria 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.

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 fisiológica y ambientales

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 (Coutinho, 2005).

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 (Coutinho, 2005).

En el cuadro 3, 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

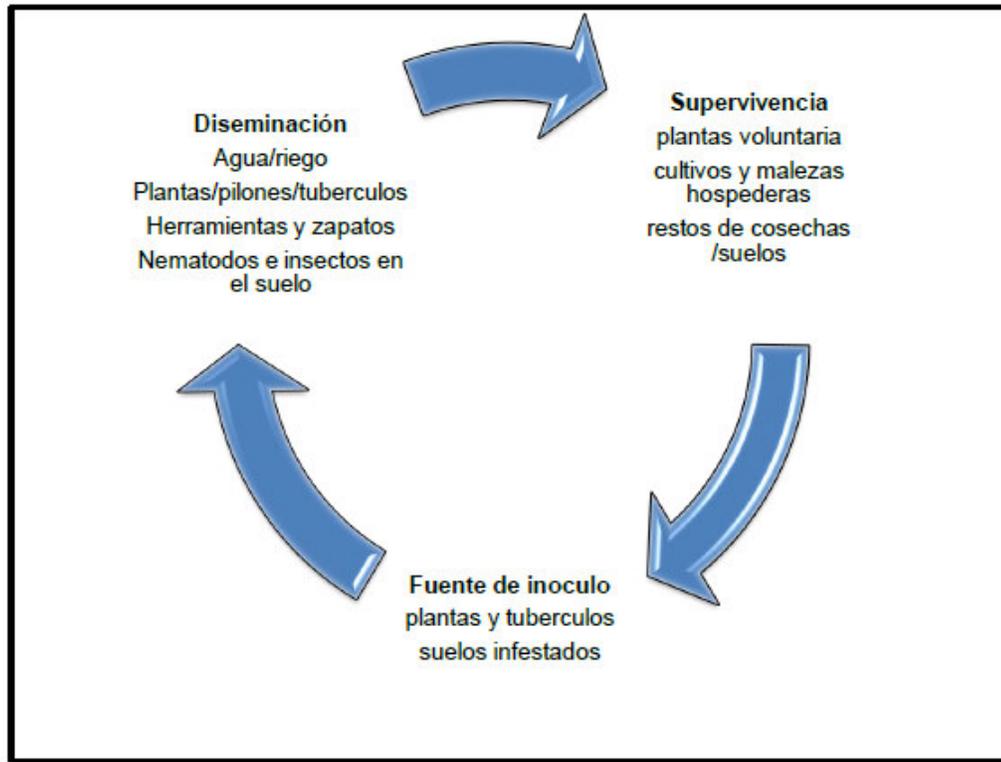
Fuente: Sánchez, Mejía y Allen (2006).

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 inoculo 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 el 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 medula 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 Resistencia de plantas a enfermedades

Según Mejía (2003), resistencia es la capacidad que tiene la planta para reducir el crecimiento y/o desarrollo del parásito de manera total o parcial después que se ha iniciado o establecido el contacto, además indica que existen varios tipos de resistencia:

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 tizon 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.

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.

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.

- La resistencia de forma morfológica se puede presentar cuando algunas variedades de tomate presentan la cutícula fuerte, cubierta de polímero de las superficies externas de la planta, pectinas que existen en las paredes celulares y lamina media que afectan la adherencia entre las células, y las paredes celulares, las cuales protegen a las células vegetal de los daños externos o impidiendo la penetración del hongo o bacteria en estudio.
- La resistencia por tolerancia se presenta cuando una planta reduce la cantidad de daño o síntomas por unidad de cantidad de patógeno presente. La presencia de un patógeno sobre una planta tolerante conlleva a menos daño (expresado como reducción en rendimiento) o a síntomas más moderados que en una planta sensible.
- La resistencia por constitución química o fisiológica de la planta, ocurre cuando algunas plantas producen fitoalexinas las cuales son sustancias oxidantes que producen la muerte de las células adyacentes al sitio de infección, produciendo el aislamiento del patógeno.

Resistencia genética de las plantas a los fitopatógenos

El nivel de resistencia genética o susceptibilidad del hospedero constituye un factor importante en el desarrollo de las epifitias. La resistencia genética de las plantas a los fitopatógenos puede tener duración limitada, aduciendo que ese fenómeno se debe a la variabilidad genética tanto del hospedero como del fitopatógeno en el tiempo (Rosales, 2004).

La interacción gen-por-gen, en la cual la resistencia a la enfermedad está determinada por un gen de resistencia en la planta (R) que responde específicamente a un gen de virulencia en el patógeno, ha sido descrita en varios casos.

La susceptibilidad de una enfermedad resulta cuando el gen (R) de la planta o el gen de la virulencia del patógeno está ausente en la interacción. En el tomate se ha identificado más de 20 genes de resistencia a diversas enfermedades, los cuales han sido obtenidos de especies silvestres afines; los genes poseen igual número de cromosomas ($2n = 24$) y son compatibles en los cruzamientos inter específicos (cuadro 4).

Cuadro 4. Patógenos que pueden controlarse por resistencia genética en los cultivares comerciales de chile y tomate.

Patógenos		Genes
Hongos	Verticillium dahliae	Ve
	Fusarium ox.f.sp. lycopersici	
	Patotipo 0	I
	Patotipo 1	I-2
	Fusarium ox.f.sp. Radicis lycopersici	Fr1
	Pyrenochaeta lycopersici	Py1
	Cladosporium fulvum	Cf...(serie)
	Phytophthora infestans	Ph-2
	Stemphyllium spp.	Sm
	Alternaria alternate f.sp. Lycopersici	Asc
Bacterias	Pseudomonas syringae pv Tomato	Pto
	Ralstonia solanacearum	
Virus	Virus del mosaico del tomate	Tm-2
	Virus del bronceado del tomate, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)	
	Geminivirus	
Nematodos	Meloidogyne spp.	Mi

Fuente: flores, 2006.

3.4 Estimación de daños causados por enfermedades en la plantas

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

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.
- Perdidas 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 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, en virus o una pudrición radial o del tallo a causa de hongos o bacterias; el parámetro más importante a determinar es la severidad de la enfermedad.

3.5 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 tipo 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, sus siglas en inglés (AUDPC), puede ser usada como un descriptor de epidemia.

Tiene la ventaja que la variación en el tiempo 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 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.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Descripción del área

“EL MANGO” es una finca de producción agrícola, en la cual desde hace 14 años se dedican a la producción del cultivo de Chile dulce (*Capsicum annum*) y Tomate (*Lycopersicon sculentum*) cuenta con una extensión territorial de 44.8 hectáreas dentro de las cuales se encuentran tres casas malla, de las cuales dos tienen una extensión de 7,000 metros cuadrados cada una y la otra tiene 10,000 metros cuadrados, cuenta con sistema de riego por goteo, las que son utilizadas para la explotación de dichos cultivos.

4.2 Localización y ubicación geográfica

La finca “EL MANGO” se encuentra localizada a 11 km del municipio de Ipala, Chiquimula, a 832 msnm, se encuentran ubicada geográficamente en las coordenadas GTM zona 15.5 Norte 1, 607,799.58, Oeste 595,863.01.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Mapa de la finca “El Mango”, ubicada en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.

4.3 Condiciones climáticas y zonas de vida

La zona de vida según clasificación de Holdridge, corresponde a un bosque Húmedo subtropical templado (bmh-s) t, en la mayor parte del año el clima es templado.

Temperatura máxima 37°C

Temperatura mínima 16°C

Temperatura media anual 19-20°C

Precipitación pluvial anual 880-940°C

Humedad Relativa 70% (época seca)

Humedad Relativa 85% (época lluviosa)

4.3.1 Recursos Naturales

a. Recurso Hídrico

La finca cuenta con un pozo de 110 metros de profundidad, el cual bombea 511 litros de agua por minuto, el sistema de riego por goteo cuenta con dos inyectores los cuales bombean 5 litros de fertilizante soluble por cada 100 litros descargados a continuación se describen cada uno de sus componentes.

- Cabezal de riego: Incluye la bomba de agua, filtros (en este caso 4), inyectores de fertilizantes (en este caso dos), tanques para el suministro de fertirriego (en este caso dos de 1000 litros c/u).
- Tuberías de conducción: Son todos los tubos de P.V.C. que también incluye las llaves.
- Mangueras o cintas regantes.

b. Flora

Según Cruz, JR De La (1982) la finca presenta características de bosque húmedo subtropical templado (bmh-s) t por lo que se pueden encontrar las siguientes especies:

Cuadro 5. Especies vegetales predominantes en la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula.

NOMBRE COMUN	NOMBRE TÉCNICO
Madre cacao	<i>(Gliricidia sepium)</i>
Subín	<i>(Acacia farnesiana)</i>
Palo de pito	<i>(Erythrina berteroana)</i>
Conacaste blanco	<i>(Abizzia mexicana)</i>
Roble	<i>(Qercus spp)</i>
Mango	<i>(Manguifera indica)</i>
Naranja	<i>(Citrus sp)</i>
Hoja de lija	<i>(Curatella Americana)</i>
Encino	<i>(Qercus spp)</i>
Chacte	<i>(Tecoma stand)</i>
Cuje	<i>(Inga sp)</i>
Guayabo	<i>(Psidium guajava L).</i>
Nance	<i>(Byrsonima crassifolia)</i>
Guarumo	<i>(Cecropia obtifolia)</i>
Limón	<i>(Citrus spp)</i>
Escobillo	<i>(Sida acuta)</i>
Campanilla	<i>(Ipomoea indica)</i>

Fuente: Cruz, JR De La (1982).

4.3.2 Recursos físicos

a. Vías de Acceso

Cuenta con su acceso principal por la aldea El Amatillo, así como sus accesos secundarios: una por el municipio de Ipala y la segunda por el municipio de Agua Blanca, Jutiapa.

b. Maquinaria y equipo

Para la preparación del suelo utiliza maquinaria rentada, y para todo el manejo del cultivo cuenta con lo siguiente:

- 1 bomba para la extracción de agua.
- Tanques de 1000 litros c/u.
- Filtros
- 2 inyectores
- 2 bombas de motor de mochila
- Bombas de aspersión de mochila

4.3.3 Recurso humano

La finca cuenta con un administrador (propietario) encargado de dar las instrucciones a todo el personal como también de supervisarlos, además cuenta con un caporal que se encarga de supervisar al personal cuando no se encuentra el administrador, además cuenta con 8 trabajadores fijos durante todo el ciclo productivo, sin embargo al momento de la cosecha se contratan un promedio de 20 empleados para poder cumplir con los requisitos de calidad y tiempo al comprador.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo general

- Evaluar el rendimiento y la tolerancia a marchitez bacteriana causada por ***Ralstonia solanacearum* E.F. Smith**, de cuatro porta-injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de Ipala, Chiquimula.

5.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la tolerancia a marchitez bacteriana de cuatro porta-injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), mediante la utilización de modelos de incidencia y severidad, para seleccionar el mejor material tolerante a dicha enfermedad.
- Determinar altura y diámetro del tallo de los materiales en estudio, para establecer cuáles son los materiales que presentan las mejores características agronómicas.
- Estimar el rendimiento (Kg/Ha) de los porta-injertos, para priorizar el tratamiento con mayor producción de frutos.
- Realizar un análisis financiero de los materiales evaluados, mediante la relación beneficio/costo, para determinar el material que genera mayor utilidad para el productor.

5.2 Hipótesis

- No existe diferencia significativa entre los materiales a evaluar en cuanto a la incidencia causada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate.
- No existe diferencia significativa entre los materiales a evaluar con relación a la severidad de daño causado por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate.
- No existe diferencia significativa entre los materiales a evaluar en cuanto a la altura de las plantas de tomate.
- No existe diferencia significativa entre los materiales a evaluar en cuanto al diámetro del tallo
- No existe diferencia significativa en el rendimiento total en kilogramos por hectárea entre los materiales de tomate a evaluar.

5.3 Métodos de trabajo

5.3.1 Área experimental

El diseño experimental contó con un área total de 510 metros cuadrados. 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.

Se tomó como unidad de muestreo 10 plantas/tratamiento en cada repetición; obteniendo en la unidad de muestro una cantidad de 40 plantas/tratamiento. Cada bloque tuvo un área de 25.5 metros cuadrados.

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 (*Ralstonia solanacearum*); el diseño experimental contó con cinco tratamientos 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 material de tomate

β_j = Efecto del j-esimo bloque

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

5.3.3 Materiales evaluados

Shelter Rz F1 (61-802)

Es un portainjerto de vigor medio para áreas tropicales y subtropicales, distribuido por la casa comercial Rijk Zaaw, resistente a fusarium. El más interesante valor añadido de este portainjerto es la tolerancia a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

Alta resistencia:

- ToMV 0-2: virus del mosaico de tomate de las razas 0 a 2.
- Fol 0-2: Marchitamiento por fusarium de las razas 0 a 2.
- For: fusarium wilt (*Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici*).
- Va: Verticillium wilt (*Verticillium albo-atrum*).
- Vd: Verticillium wilt (*Verticillium dahliae*).

Resistencia media:

- Ma:Root-knot (*Meloidogyne arenaria*)
- Mi: Root-knot (*Meloidogyne incognita*)
- Mj: Root-knot (*Meloidogyne javanica*)

Anchor Rz F1 (61-801)

Es un portainjerto, distribuido por la casa comercial Rijk Zwaan, de vigor alto para áreas tropicales y subtropicales, resistente a fusarium. El más interesante valor añadido de este portainjerto es la tolerancia a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

Alta resistencia:

- ToMV 0-2: virus del mosaico de tomate de las razas 0 a 2.
- Fol 0-2: Marchitamiento por fusarium de las razas 0 a 2.
- For: fusarium wilt (*Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici*).
- Va: Verticillium wilt (*Verticillium albo-atrum*).
- Vd: Verticillium wilt (*Verticillium dahliae*).

Resistencia media:

- Ma:Root-knot (*Meloidogyne arenaria*)
- Mi: Root-knot (*Meloidogyne incognita*)
- Mj: Root-knot (*Meloidogyne javanica*)

Maxifort

Variedad de portainjerto para tomate, distribuido por la casa comercial Rijk Zaaw, con un buen vigor, al igual que responde bien a bajas temperaturas y en condiciones de alta salinidad, recomendado utilizar con variedades de poca vegetación, con poco vigor, poco tamaño y en condiciones de cultivo extremo, tiene la característica de ser tolerante a la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

Resistencias:

- ToMV: virus del mosaico del tomate.
- Fol: 0,1: Marchitamiento por fusarium de las razas 0 y 1.
- For: fusarium wilt (*Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici*).
- Pl: pudrición corchosa del tomate (*Pyrenochaeta lycopersici*)
- Vd: Verticillium wilt (*Verticillium dahliae*).
- Ma:Root-knot (*Meloidogyne arenaria*)
- Mi: Root-knot (*Meloidogyne incognita*)
- Mj: Root-knot (*Meloidogyne javanica*)

Colosus Rz F1

Portainjerto de solanáceas, distribuido por la casa comercial Monsanto, de vigor muy alto con resistencia a fusarium 3, producción alta, muy buen calibre y muy buena combinación con variedades o condiciones de cultivos que necesitan un incremento de vigor, presentan tolerancia a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

Alta resistencia:

- ToMV 0-2: virus del mosaico de tomate de las razas 0 a 2.
- Fol 0-2: Marchitamiento por fusarium de las razas 0 a 2.
- For: fusarium wilt (*Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici*).
- Va: Verticillium wilt (*Verticillium albo-atrum*).
- Vd: Verticillium wilt (*Verticillium dahliae*).

Resistencia media:

- Ma:Root-knot (*Meloidogyne arenaria*)
- Mi: Root-knot (*Meloidogyne incognita*)
- Mj: Root-knot (*Meloidogyne javanica*)

Tabaré F1 (testigo e injerto)

Es un híbrido de crecimiento indeterminado, distribuido por la casa comercial Rijk Zaaw, de fruto tipo pera, con resistencia a heladas y cultivación en fríos, fusiforme, el racimo es muy amplio y largo, con buena firmeza, las plantas son relativamente largas y no son muy vigorosas, este material se adapta a las condiciones del departamento de Chiquimula, un punto negativo es que es una planta larga y débil, cabe destacar que el fruto es de gran aceptación en el mercado por sus características. Material utilizado como injerto (testigo), en los tratamientos mencionados anteriormente

Alta resistencia:

- ToMV: virus del mosaico del tomate.
- Fol: Marchitamiento por fusarium.
- Va: Verticillium wilt (*Verticillium albo-atrum*).
- Vd: Verticillium wilt (*Verticillium dahliae*).

Resistencia media:

- Ma: Root-knot (*Meloidogyne arenaria*)
- Mi: Root-knot (*Meloidogyne incognita*)
- Mj: Root-knot (*Meloidogyne javanica*)

5.3.4 Variables evaluadas

Las variables a evaluar se definieron con base a tres aspectos que influyen en la selección de un material para el proceso productivo, siendo estas: tolerancia a la enfermedad en estudio (marchitez bacteriana), características agronómicas, rendimiento y el análisis económico. Para la determinación y análisis de cada variable se utilizó modelos e indicadores específicos.

a. Tolerancia

El término tolerancia se define como la capacidad que tienen las plantas para minimizar el impacto de la enfermedad en su fisiología, sin interferir con el desarrollo y multiplicación del patógeno. Para determinar la tolerancia de los materiales evaluados, se tomó como parámetros o indicadores la incidencia y severidad de la enfermedad sobre los genotipos.

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:

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

Dónde:

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 la variedad susceptible estándar.

b. Incidencia

Se define como el número de plantas que están visiblemente enfermas (con presencia de sintomatología) del total de plantas establecidas en la unidad de muestreo. 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 tres días del área experimental y realizando su posterior análisis mediante la siguiente ecuación:

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

c. 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 siete, realizando lecturas con un intervalo de tres días.

Cuadro 6. 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 híbridos, se utilizó el modelo matemático del área bajo la curva del progreso o desarrollo de la enfermedad (AUDPC); el cual permitió la aplicación de modelos estadísticos para la priorización de tratamientos (prueba de medias), utilizando la siguiente ecuación:

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

Dónde:

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 agosto a enero, los cuales corresponden a la época de verano e invierno, registrando de forma diaria la temperatura y humedad relativa del área experimental, para así determinar si las características ambientales son favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Previo al establecimiento de los materiales 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.

Para comprobar la presencia de *Ralstonia solanacearum* sobre los tratamientos, se procedió a la realización de pruebas a nivel de campo y laboratorio.

d. Características agronómicas

Las características agronómicas de las plantas dependen en gran medida de las condiciones ambientales en que se encuentre, el manejo agronómico y la incidencia de otros factores como plagas y enfermedades. Tomando en cuenta que dichas características influyen en la selección de materiales para la producción, se determinaron los siguientes caracteres fisionómicos:

1. Altura de la planta

La altura de la planta se define como el desarrollo vegetativo de forma vertical en la planta a través del tiempo, la cual es expresada en unidades de longitud. El crecimiento de la planta está influenciado por las condiciones ambientales, manejo del cultivo y la genética (hábitos de crecimiento) del material cultivado.

Los materiales de crecimiento determinado y semi-determinado presentan el siguiente desarrollo:

- Desarrollo Vegetativo (0 - 30 días)
- Floración (31 - 60 días)

- Cuajado del Fruto (61 - 90 días)
- Cosecha (91 - 120 días)

Los datos fueron recolectados a los 15, 45, 75 y 105 días después del trasplante, los cuales corresponden a los días promedios para cada una de las etapas fenológicas del cultivo, tomando como base el promedio de altura de diez plantas/unidad de muestreo seleccionadas al azar y expresando sus valores en centímetros.

2. Diámetro del tallo

Se midió el diámetro del tallo de las plantas de tomate con un vernier, la medida se tomó en la primera hoja desarrollada debajo del ápice, del lado más ancho del tallo, las lecturas se realizaron semanalmente.

e. Rendimiento

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

f. Tamaño y clasificación del fruto

Para determinar esta característica se consideró la clasificación realizada por los productores de la región, siendo esta: tomate de primera, segunda, tercera, cuarta y rechazo, considerando principalmente el largo de la cicatriz pistilar a la peduncular del fruto con base a los siguientes valores:

- Grande o de primera: fruto de 7.0 cm. ó más de largo.
- Mediano o de segunda: fruto de 5.0 cm. pero no mayor de 7.0 cm. de largo.
- Pequeño o de tercera: fruto de 3 cm. pero no mayor de 5.0 cm. de largo.
- Cuarta: fruto menor a 3 cm. de largo.
- Rechazo: frutos con daños causados por insectos, enfermedades, factores ambientales y manejo post-cosecha.

g. Consistencia de frutos

Para determinar la consistencia de los frutos obtenidos por parte de los materiales experimentales, se procedió a clasificar los frutos con base al método de presión al tacto propuesto por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI por sus siglas en inglés) utilizando las siguientes descripciones:

- Débil: Se deforma totalmente al apretar ambos lados del fruto en la parte más ancha.
- Intermedia: Se deforma parcialmente al apretar ambos lados del fruto en la parte más ancha.
- Firme: no se deforma al apretar ambos lados del fruto en la parte más ancha.

h. Vida de anaquel en frutos

Se define como el tiempo posterior a su cosecha sobre el cual los frutos pierden su valor comercial debido a la influencia de factores físicos como: la pérdida de firmeza, arrugamiento o pudrición. Para su determinación se realizó un conteo del promedio de días posterior a su cosecha sobre el cual ocurren los efectos antes mencionados, tomando como unidad de muestro diez frutos por material experimental.

i. Rentabilidad económica

Uno de los aspectos de gran importancia a considerar previo a la incorporación de nuevas tecnologías (híbridos de tomate) para el mejoramiento del proceso de productivo, es su rentabilidad económica; la cual está influenciada por diferentes factores, entre ellos: el manejo de la plantación, rendimiento del cultivo y el mercado (aceptabilidad y precio).

Con la finalidad de determinar los tratamientos con mayor beneficio económico, se determinó la relación beneficio/costo, por medio de las siguientes variables:

1. Costos de producción

Los costos de producción se definen como el gasto económico que representa la producción del cultivo durante un ciclo. El costo de producción para el cultivo de tomate está conformado por la materia prima (semilla), la mano de obra y los insumos empleados para su producción.

Para determinar los costos empleados en la producción de los híbridos de tomate en estudio, se realizó la contabilización de insumos, mano de obra y otros costos realizados diariamente en el área experimental, los cuales sirvieron de base para estimar su costo en hectárea. Para el análisis relación beneficio/costo, se utilizó como comparador de tratamientos los costos variables empleados para cada material.

2. 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. Para estimar el valor de ingresos se comercializó el producto con base a sus diferentes clasificaciones exceptuando el rechazo; la venta del producto se realizó en la Central de Mayoreo (CENMA) ciudad de Guatemala.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos de las diferentes variables evaluadas, las cuales son: tolerancia, incidencia, severidad, altura de planta, diámetro del tallo y rendimiento total por hectárea, al mismo tiempo se muestran los análisis de varianza y comparación de Tukey que se realizaron para cada uno de ellos.

6.1 Tolerancia

En general no existe un sistema estandarizado para medir el grado de resistencia o tolerancia a *Ralstonia solanacearum* en genotipos de tomate; sin embargo, con la finalidad de establecer un valor representativo y fácilmente interpretable del grado de tolerancia a la marchitez bacteriana en cada uno de los híbridos de tomates evaluados, se procedió a realizar una estandarización y un re-escalamiento de 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 al híbrido Tabaré(testigo) como el tratamiento o híbrido estándar.

Utilizando los valores estandarizados de los parámetros de incidencia y severidad, se determinó al portainjerto Anchor como el tratamiento con mayor tolerancia a marchitez bacteriana con un grado 4.77, seguidos de los portainjertos Shelter y Maxifort con un grado de 6.07 y 7.95, siendo el portainjerto Colosus y el híbrido Tabaré quienes presentaron el menor grado de tolerancia, con un grado de 9.03 y 10 respectivamente.

Cuadro 7. Grado de tolerancia a *Ralstonia solanacearum* en materiales experimentales, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros de incidencia y severidad, El Amatillo, Ipala; Chiquimula, 2014.

Materiales de tomate	Grado de tolerancia según AUDPC de la severidad y % de incidencia.
Anchor	4.77
Shelter	6.07
Maxifort	7.95
Colosus	9.03
Tabaré	10

Fuente: Elaboración propia.

6.1.1 Incidencia

Mediante el análisis de varianza de los valores en porcentaje del parámetro de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) sobre los materiales experimentales, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, por ende se rechaza la hipótesis planteada; obteniendo un coeficiente de variación de 4.14 por ciento (cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza para el indicador de incidencia de *Ralstonia solanacearum* expresado en porcentaje, sobre los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	9039.0371	2259.769275	249 **	3.26	5.41	4.14
Bloques	3	27.80482	9.268273333	1.02 ns	3.49	5.95	
Error	12	108.57558	9.047965				
Total	19	9175.4175					

Fuente: Elaboración propia.

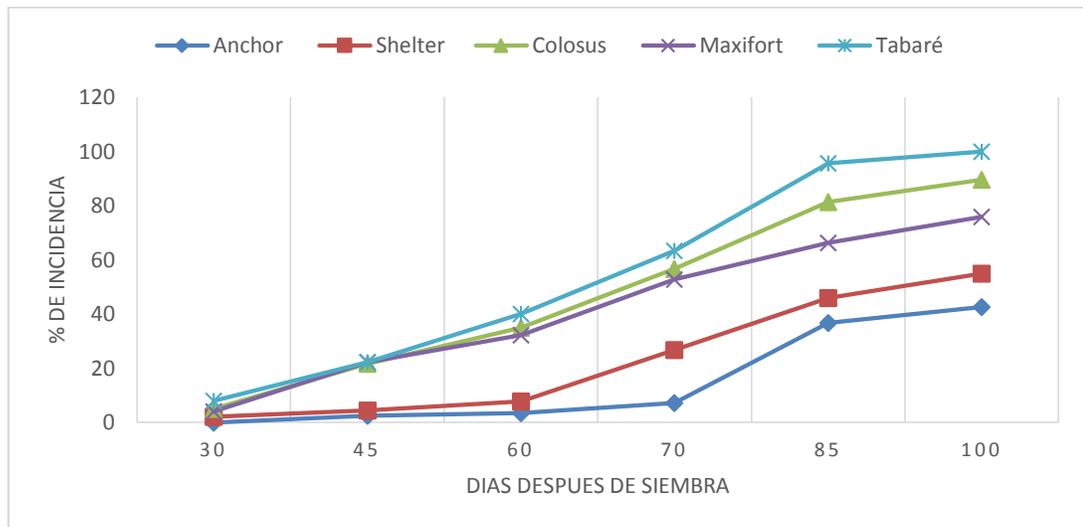
El cuadro 9, presenta la prueba de comparación de medias efectuada al cinco por ciento de significancia, determinándose a los portainjertos Anchor y Shelter, como los materiales que mostraron menor incidencia a marchitez bacteriana con un valor de 42.68 y 54.90 por ciento, seguidos por los portainjertos Colosus y Maxifort con valores de 89.62 y 74.85 por ciento respectivamente, siendo el híbrido Tabaré (testigo), el cual presentó el mayor porcentaje a incidencia con un 100 por ciento.

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador de incidencia de *Ralstonia solanacearum*, sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamientos	Media de incidencia (%)	Prueba Tukey
Anchor	42.68	A
Shelter	54.49	B
Maxifort	75.89	C
Colosus	89.62	D
Tabaré	100	E

Fuente: Elaboración propia.

La figura 3, muestra el comportamiento de los materiales evaluados a través del tiempo; observando una variación del intervalo de tiempo posterior a su siembra sobre el cual ocurrieron las incidencias, variando en comparación al híbrido Tabaré (testigo). Los portainjertos Colosus, Maxifort y el híbrido Tabaré, presentaron los primeros síntomas a los 45 días después de sembrados, el portainjerto Shelter mostró los primeros síntomas a los 60 días después de la siembra, mientras que el portainjerto Anchor mostró los primeros síntomas de la enfermedad a los 70 días después de la siembra.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Porcentajes de incidencia de *Ralstonia solanacearum* sobre materiales experimentales de tomate, obtenidos en la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula. 2014.

Utilizando como base los valores obtenidos mediante el porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana en los materiales en estudio, se procedió a estandarizar y re-escalar los valores con la finalidad de establecer el grado de incidencia de cada material en una escala comprendida del 1 al 10; entendiéndose como los materiales con menor incidencia aquellos que presenten los valores más bajos y viceversa (cuadro10).

Cuadro 10. Estandarización y re-escalamiento del grado de incidencia a *Ralstonia solanacearum*, sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Materiales de tomate	Grado de incidencia
Anchor	4.27
Shelter	5.49
Maxifort	7.59
Colosus	8.96
Tabaré	10

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Severidad

Según el análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad del indicador severidad de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en los materiales experimentales, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, llevándonos a rechazar la hipótesis establecida anteriormente; se obtuvo un coeficiente de variación de 5.21 por ciento (cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza para el indicador de severidad de *Ralstonia solanacearum* en unidades de AUDPC, sobre los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	74.54773	18.636932	378 **	3.26	5.41	5.21
Bloques	3	0.152335	0.050778333	1.03 ns	3.49	5.95	
Error	12	0.59139	0.0492825				
Total	19	75.291455					

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la comparación de medias de Tukey (cuadro 12), evaluando los materiales a un grado de significancia del cinco por ciento. Todos los materiales presentaron un valor de 4 (muerte de planta) en la escala de severidad; sin embargo, el intervalo de tiempo necesario para alcanzar dicho valor posterior a presentar los primeros síntomas varía conforme la capacidad de tolerancia de cada material.

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 síntomas, y también se tomaron los días que se toman para el cambio de los síntomas.

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Tukey, para el indicador severidad de *Ralstonia solanacearum*, sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamientos	Media del AUDPC	Prueba Tukey
Anchor	14.55	A
Shelter	17.96	B
Maxifort	18.83	C
Colosus	19.49	D
Tabaré	20	E

Fuente: Elaboración propia.

Con base 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 la enfermedad sobre de los materiales experimentales, mediante un rango numérico comprendido de 0 a 10; entendiéndose como los materiales con menor severidad aquellos que presentaron los valores más bajos (cuadro 13).

Cuadro 13. Estandarización y re-escalamiento de unidades de AUDPC del indicador severidad de *Ralstonia solanacearum*, sobre los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Materiales de tomate	Grado de severidad según AUDPC
Anchor	7.28
Shelter	8.98
Maxifort	9.41
Colosus	9.74
Tabaré	10

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Características agronómicas

Con la finalidad de proporcionar información básica acerca de las características influyentes en la selección y manejo post-cosecha de los portainjertos en estudio; se generó información acerca de la altura promedio de las plantas, diámetro promedio de tallo, vida de anaquel, consistencia y tamaño del fruto, según la clasificación realizada por los productores de la zona.

6.2.1 Altura de la planta

Con base a los resultados obtenidos por medio del análisis de varianza para la variable de altura en centímetros de los materiales experimentales; se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, por lo tanto se rechaza la hipótesis establecida; obteniendo un coeficiente de variación de 3.13 por ciento (cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable altura en centímetros de los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	10291.95	2572.9875	42.56 **	3.26	5.41	3.13
Bloques	3	468.55	156.18333	2.58 ns	3.49	5.95	
Error	12	7254.5	60.45417				
Total	19	11,485.95					

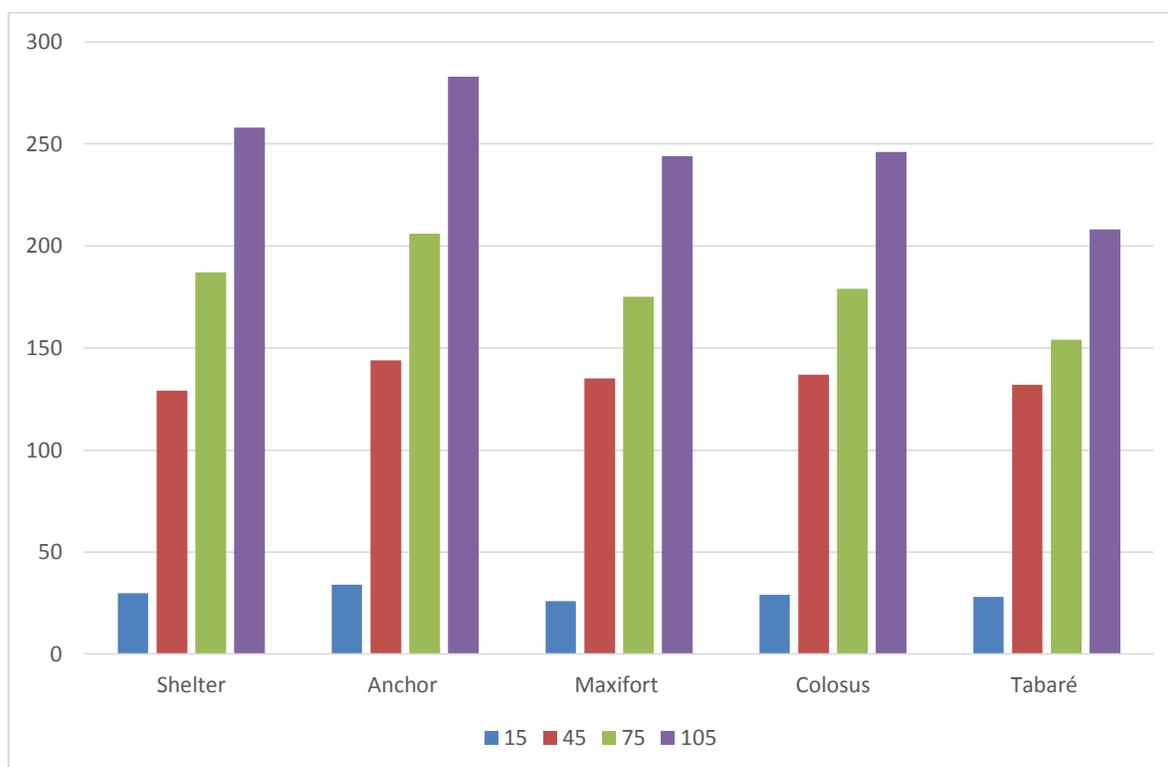
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 15, se muestra la comparación de medias efectuada al cinco por ciento de significancia, determinándose al portainjerto Anchor como el tratamiento con mayor altura con un valor promedio de 2.83 metros, seguido por los portainjertos Shelter, Maxifort y Colosus, con alturas 2.58, 2.46 y 2.44 metros respectivamente. El híbrido Tabaré presentó la menor altura de planta con 2.08 metros, debido a su pronta incidencia y alta severidad a *Ralstonia solanacearum* lo cual provocó una falta de hidratación y por ende un mal desarrollo fisiológico de la planta.

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable altura en centímetros de los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamientos	Media de alturas de planta (cm)	Prueba Tukey
Anchor	283	A
Shelter	258	B
Maxifort	246	B C
Colosus	244	B C D
Tabaré	208	E

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Altura promedio expresada en centímetros, de los materiales experimentales de tomate en diferentes etapas fenológicas.

6.2.2 Diámetro del tallo

Con base a los resultados obtenidos por medio del análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en centímetro de los materiales experimentales; se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, por ende se rechaza la hipótesis planteada; obteniendo un coeficiente de variación de 3.68 por ciento (cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en centímetros de los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	1596	399	42.29 **	3.26	5.41	3.68
Bloques	3	25.8	8.6	0.91 ns	3.49	5.95	
Error	12	113.2	9.43333				
Total	19						

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 17, se muestra la comparación de diámetros de tallo efectuado al cinco por ciento de significancia, determinándose a los portainjertos Colosus y Maxifort con mayor diámetro de tallo de 0.94 y 0.92 centímetros respectivamente, seguidos por los portainjertos Shelter y Anchor con diámetros de 0.83 y 0.79 centímetros respectivamente, siendo el híbrido Tabaré, con el menor diámetro de tallo con 0.70 centímetros.

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable diámetro de tallo en centímetros de los materiales experimentales, El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula. 2014.

Tratamiento	Media de diámetro Del tallo (cm)	Prueba Tukey
Colosus	0.94	A
Maxifort	0.92	A B
Shelter	0.83	C
Anchor	0.79	C D
Tabaré	0.70	E

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Rendimiento

Según el análisis de varianza para la variable de rendimiento en kilogramos por hectárea, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, llevándonos a rechazar la hipótesis establecida; obteniendo un coeficiente de variación de 31.81 por ciento, debido principalmente a la interacción de *Ralstonia solanacearum* con los materiales experimentales (cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, de los materiales experimentales evaluados en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	8099009930	2025752483	843 **	3.26	5.41	31.81
Bloques	3	3831223.4	1277077.467	0.53 ns	3.49	5.95	
Error	12	28790835.7	2399236.308				
Total	19	8127800766					

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de priorizar tratamientos con base a la variable rendimiento, se realizó la comparación de medias de Tukey, evaluando los materiales con un grado de significancia de cinco por ciento; determinando al portainjerto Anchor, como el tratamiento con mayor rendimiento, con un valor promedio de 66,728 Kg/Ha, seguido por el portainjerto Shelter (37,579 Kg/Ha), los portainjertos Maxifort, Colosus y Tabaré, presentaron los valores más bajos de rendimiento, debido a que mostraron una pronta incidencia a *Ralstonia solanacearum* evitando que gran número de plantas llegaran a producción (cuadro 19).

Cuadro 19. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable rendimiento total en kilogramos y cajas por hectárea de los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamientos	Media de rendimiento (Kg/Ha)	Media de rendimiento (cajas/Ha)	Prueba Tukey
Anchor	66,728	2,936	A
Shelter	37,579	1,653	B
Maxifort	19,278	848	C D
Colosus	16,187	712	D
Tabaré	12,295	541	E

Fuente: Elaboración propia.

6.3.1 Tamaño y clasificación del fruto

Para su determinación se tomó como base la clasificación de frutos empleada para comercialización por parte de los productores de la zona. El porcentaje de frutos producidos por cada material experimental según su clasificación se muestran en el cuadro 20.

Los materiales experimentales presentaron porcentajes similares en cuanto al rendimiento en las diferentes clasificaciones del fruto, siendo el portainjerto Anchor el de mayor rendimiento en cuanto al fruto de primera.

Los frutos afectados por marchitez bacteriana en los materiales experimentales, se consideraron frutos no aptos para su corte; debido a que eran frutos sin brillo, deshidratados y de tamaños muy inferiores a los descritos en la clasificación de los productores.

Cuadro 20. Porcentaje total de frutos en materiales experimentales, clasificados de acuerdo a su tamaño, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Materiales	% de fruto según su clasificación				
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Rechazo
Anchor	77.80	15.67	3.75	0.28	2.50
Colosus	70.16	19.41	6.47	0.53	3.43
Maxifort	67.56	24.67	5.33	0.33	2.11
Tabaré	63.46	23.41	7.02	1.58	4.52
Shelter	61.42	30.29	4.71	0.28	3.29

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Rendimiento según el tamaño del fruto

Los resultados del análisis de varianza respecto al rendimiento en kilogramos por hectárea de las categorías de fruto de primera, segunda, tercera, cuarta y rechazo indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, los cuales fueron evaluados al cinco por ciento de significancia; obteniendo coeficientes de variación de 4.07, 11.05, 15.66, 14.30, 24.05 por ciento, respectivamente (cuadro 21,23,25,27 y 29).

Debido a que se determinó diferencias significativas entre los tratamientos y con la finalidad de priorizarlos en cada una de sus clasificaciones, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey a un grado de significancia del cinco por ciento, obteniendo los siguientes resultados:

a. Rendimiento fruto de primera

La prueba de comparación de medias descrita en el cuadro 22, muestra al portainjerto Anchor como el tratamiento con mayor rendimiento obtenido en la clasificación de frutos de primera con un valor promedio de 51,913 kilogramos seguido por Shelter (23,081), Maxifort (13,055) y Colosus (11,355).

El híbrido Tabaré mostro los valores más bajo de rendimiento en todas las categorías de frutos, debido a su pronta incidencia y alta severidad a *Ralstonia solanacearum* en comparación a los demás tratamientos.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de primera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	5157006991	1289251748	1692 **	3.26	5.41	4.07
Bloques	3	1315464.22	438488.0733	0.58 ns	3.49	5.95	
Error	12	9143246.78	761937.2317				
Total	19	5167456702					

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de primera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamientos	Media de rendimiento (Kg/Ha)	Prueba Tukey
Anchor	51,913	A
Shelter	23,081	B
Maxifort	13,055	C
Colosus	11,356	C D
Tabaré	7,8083	E

Fuente: Elaboración propia.

b. Rendimiento en fruto de segunda

Con base a los resultados obtenidos en la comparación de medias del rendimiento de frutos de segunda de los materiales experimentales descrita en el cuadro 25, se determinó a los portainjertos Shelter y Anchor como los tratamientos con mayor rendimiento, alcanzando valores promedio de 11,384 y 10,459 kilogramos por hectárea, respectivamente, seguido por los portainjertos Maxifort (4,949 Kg/Ha) y Colosus (3,141 Kg/Ha), y el híbrido que presento el menor rendimiento entre los materiales fue el híbrido Tabaré (2,878 Kg/Ha).

Cuadro 23. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de segunda, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	265218521.2	66304630.31	126 **	3.26	5.41	11.05
Bloques	3	1701816.694	567272.2313	1.08 ns	3.49	5.95	
Error	12	6310808.186	525900.6822				
Total	19	273231146.1					

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de segunda, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media de rendimiento (Kg/Ha)	Prueba Tukey
Shelter	11,384	A
Anchor	10,459	A B
Maxifort	4,949	C
Colosus	3,141	D
Tabaré	2,878	D E

Fuente: Elaboración propia.

c. Rendimiento en frutos de tercera

En el cuadro 25, se muestra la comparación de medias del rendimiento en frutos de tercera de los materiales experimentales; determinando al portainjerto Anchor como el tratamiento que presentó el mayor rendimiento con un valor promedio de 2,500 kilogramos por hectárea. El portainjerto Shelter es el tratamiento con segunda posición en cuanto a rendimiento con 1,772 kilogramos por hectárea.

Los materiales que mostraron los valores más bajos de rendimiento en esta categoría fueron los portainjertos Colosus (1,048 Kg/Ha), Maxifort (1,104 Kg/Ha) y el híbrido Tabaré (864 Kg/Ha), por lo que no existe diferencia significativa entre sus rendimientos.

Cuadro 25. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de tercera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	7321352.407	1830338.102	35.1 **	3.26	5.41	15.66
Bloques	3	198381.5126	66127.17087	1.27 ns	3.49	5.95	
Error	12	625437.0444	52119.7537				
Total	19	8145170.964					

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de tercera, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media de rendimiento (Kg/Ha)	Prueba Tukey
Anchor	2,500	A
Shelter	1,772	B
Maxifort	1,104	C
Colosus	1,048	C D
Tabaré	864	C D E

Fuente: Elaboración propia.

d. Rendimiento en frutos de cuarta

Con base a los resultados obtenidos en la comparación de medias descritas en el cuadro 28, se determinó que el híbrido Tabaré y el portainjerto Anchor son los tratamiento con mayor rendimiento promedio de frutos pertenecientes a la categoría de cuarta con 194 Kg/Ha y 189 Kg/Ha, seguidas por los portainjertos Shelter (106 Kg/Ha), Colosus (86 Kg/Ha) y Maxifort (63 Kg/Ha).

Cuadro 27. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de cuarta, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	58646.05888	14661.51472	43.9 **	3.26	5.41	14.30
Bloques	3	333.0328	113.0109333	0.32ns	3.49	5.95	
Error	12	4004.8142	333.7345167				
Total	19						

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 28. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de cuarta, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media de rendimiento (Kg/Ha)	Prueba Tukey
Tabaré	194	A
Anchor	189	A B
Shelter	106	C
Colosus	86	C D
Maxifort	63	D E

Fuente: Elaboración propia.

e. Rendimiento de fruto de rechazo

Tomando como referencia los valores obtenidos en la comparación de medias del rendimiento de frutos perteneciente a la categoría de rechazo (cuadro 30), se determinó a los portainjertos Anchor (1,667 Kg/Ha) y Shelter (1,237 Kg/Ha) como los tratamientos con mayor rendimiento en frutos de rechazo, a causa de daños físicos en el fruto.

Los materiales Colosus (556 Kg/Ha), Tabaré (556 Kg/Ha) y Maxifort (407 Kg/Ha), presentaron los valores más bajos en esta categoría.

Cuadro 29. Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de rechazo, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

FV	GL	SC	CM	FC	F. TABULADA		CV
					0.05	0.01	
Tratamientos	4	4724248.625	1181062.163	16.7 **	3.26	5.41	24.05
Bloques	3	59376.5615	19792.18717	0.28 ns	3.49	5.95	
Error	12	848134.4105	70677.86754				
Total	19						

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 30. Prueba de comparación de medias de Tukey del rendimiento en kilogramos por hectárea de los materiales experimentales, en frutos pertenecientes a la clasificación de rechazo, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamiento	Media de rendimiento (Kg/Ha)	Prueba Tukey
Anchor	1,667	A
Shelter	1,237	A B
Tabaré	556	C
Colosus	556	C D
Maxifort	407	C D E

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 Vida de anaquel y consistencia de frutos

Con la finalidad de proporcionar valores acerca de la vida de anaquel y consistencia de los frutos, se procedió a su determinación por medio de métodos prácticos (conteo de días y presión al tacto).

Al realizar no se presentó variación en la vida de anaquel, esto se dio debido a que el material injertado en todos los portainjertos fue Tabaré, por lo tanto todos los materiales presentaron una consistencia firme al momento de realizar el corte y con una vida de anaquel que oscila entre los 9 a 11 días, las temperaturas que se mantuvo el fruto osciló entre los 19°C y 28 °C, también se midió la humedad la cual estuvo en un rango de 52% y 88%.

Cuadro 31. Vida de anaquel y consistencia de fruto presentado por los materiales experimentales, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Tratamientos	Vida de anaquel (días después de corte)	Consistencia de fruto
Shelter	11	Firme
Anchor	10	Firme
Tabaré	10	Firme
Colosus	9	Firme
Maxifort	9	Firme

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Rentabilidad financiera

Con el propósito de identificar los tratamientos con mayor beneficio económico y facilitar la toma de decisión relacionada con la selección de las nuevas tecnologías (portainjertos) evaluadas, se determinó la relación beneficio costo de cada uno de los materiales experimentales (cuadro 32). El portainjerto Anchor fue el tratamiento con el mayor beneficio económico, ya que según el cálculo de relación beneficio/costo nos indica que por cada quetzal invertido se obtendrá una ganancia neta de 79 centavos de quetzal.

Cuadro 32. Análisis financiero por hectárea de los materiales experimentales, producidos bajo condiciones protegidas de casa malla, en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.2014.

Cotos por hectárea	Anchor	Shelter	Colosus	Maxifort	Tabaré
Pilón	Q68,670	Q68,403	Q68,937	Q86,004	Q8,334
Material de tutor	Q66,670	Q66,670	Q66,670	Q66,670	Q66,670
Tutorado(M.O)	Q20,565	Q20,565	Q20,565	Q20,565	Q20,565
Cosecha (M.O)	Q5,855	Q4,360	Q4,800	Q4,800	Q1,020
Clasificación de frutos (M.O)	Q3,220	Q2,398	Q2,640	Q2,640	Q561
Total de costos variables	Q164,980	Q162,396	Q163,612	Q180,679	Q97,150
Total de costos fijos	Q39,383	Q39,383	Q39,383	Q39,383	Q39,383
Total	Q204,363	Q201,779	Q202,995	Q220,062	Q136,533
Imprevistos (5%)	Q10,218	Q10,089	Q10,150	Q11,003	Q6,827
Costo total/Ha	Q214,581	Q211,868	Q213,145	Q231,065	Q143,360
Ingresos por hectárea	Anchor	Shelter	Colosus	Maxifort	Tabaré
Rendimiento cajas/Ha	Q349,384	Q196,707	Q100,912	Q84,728	Q64,379
Rendimiento ajustado (10%)	Q34,938	Q19,670	Q10,091	Q8,472	Q6,437
Ingreso total/Ha	Q384,322	Q216,377	Q111,003	Q93,200	Q70,816
Utilidad Bruta	Q219,342	Q53,981	Q-52,609	Q-87,479	Q-26,334
Utilidad Neta	Q169,741	Q4,509	Q-102,142	Q-137,865	Q-72,544
Análisis financiero	Anchor	Shelter	Colosus	Maxifort	Tabaré
Relación Beneficio/Costo	1.79	1.02	0.52	0.40	0.49

Fuente: Elaboración propia.

El portainjerto Shelter presento también una ganancia positiva, en la cual por cada quetzal invertido se tendrá una ganancia neta de 2 centavos; a pesar que los portainjertos Colosus y Maxifort presentaron una ligera tolerancia a marchitez bacteriana, no se tuvieron beneficios económicos, sino al contrario, siendo superados por el testigo Tabaré, el cual obtuvo perdidas pero fueron ligeramente inferiores a estos dos.

Cuadro 33. Relación beneficio costo en diferentes precios de mercado, por caja de tomate de los materiales evaluados, El Amatillo, Ipala, Chiquimula, 2014.

Precio por caja	Anchor	Shelter	Colosus	Maxifort	Tabaré
	Relación Beneficio/costo				
Q50	0.75	0.43	0.22	0.16	0.20
Q70	1.05	0.60	0.30	0.24	0.29
Q90	1.35	0.77	0.39	0.30	0.37
Q110	1.65	0.94	0.48	0.36	0.46
Q119	1.79	1.02	0.52	0.40	0.49
Q140	2.11	1.20	0.61	0.47	0.58
Q160	2.41	1.37	0.70	0.54	0.66
Q180	2.70	1.54	0.79	0.61	0.75
Q200	3	1.71	0.87	0.67	0.83

Fuente: Elaboración propia.

El portainjerto Anchor, fue el que presento mejor respuesta en cuanto al cambio de precios en la caja de tomate, siendo económicamente factible desde el precio de setenta quetzales la caja en adelante, ya que se obtiene una ganancia de cinco centavos por quetzal, seguido por el portainjerto Shelter, el cual es factible únicamente cuando el precio de la caja de tomate es de ciento diecinueve quetzales en adelante, en cuanto a los materiales Tabaré, Maxifort y Colosus, no existe un tipo de ganancia en ninguno de los rangos establecidos, sino que genera pérdidas.

6.5 Análisis de riesgo de la inversión

Utilizando como referencia los resultados de las variables tolerancia, rendimiento y rentabilidad económica (cuadro 34), se observó que los tratamientos con mayor tolerancia a marchitez bacteriana, presentaron mayor rendimiento y beneficios económicos en comparación a los tratamientos susceptibles, los cuales el beneficio económico fue negativo, de esta manera se sabe que su utilización para la tolerancia de marchitez bacteriana, no alcanza ni a cubrir los gastos de inversión en la producción de estos materiales (Maxifort, Colosus y Tabaré).

El portainjerto Anchor, es quien presento la mayor tolerancia a marchitez bacteriana, al igual que fue el de mayor rendimiento, con 66,728 Kg/Ha, por ende el beneficio económico fue alto, obteniendo 1.79 en cuanto a la relación beneficio/costo, entendiéndose que por cada quetzal invertido, se obtendrá 79 centavos de ganancia neta.

Cuadro 34. Priorización de resultados en materiales experimentales, para las variables tolerancia, rendimiento y rentabilidad económica obtenidos en el municipio de Ipala, Chiquimula.2014.

Tolerancia		Rendimiento		Beneficio económico	
Materiales	Grado de tolerancia	Materiales	Kg/Ha	Materiales	Relación B/C
Anchor	4.77	Anchor	66,728	Anchor	1.79
Shelter	6.07	Shelter	37,579	Shelter	1.02
Maxifort	7.95	Maxifort	19,278	Maxifort	0.40
Colosus	9.03	Colosus	16,187	Colosus	0.52
Tabaré	10	Tabaré	12,295	Tabaré	0.49

Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

- En función de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, los cuatro portainjertos evaluados presentaron mayor tolerancia respecto al testigo (Tabaré). De los materiales en estudio, Anchor fue el que demostró un mayor grado de tolerancia a dicha enfermedad, con un valor de 4.77; este portainjerto fue el que también presentó menor grado de incidencia y severidad, seguido por el portainjerto Shelter con un grado de tolerancia de 6.07.
- Los portainjertos Anchor y Shelter presentaron plantas con mayor altura, alcanzando valores promedio de 2.83 y 2.58 metros respectivamente; como consecuencia de la capacidad que tienen los portainjertos de tolerar los efectos de la marchitez bacteriana. En relación al diámetro tomado ligeramente sobre la última hoja del tallo, los portainjertos Colosus y Maxifort presentaron un mejor comportamiento con 0.95 y 0.92 cm respectivamente.
- El rendimiento total, en el que se consideró el peso de los frutos de tamaño comercial (primera, segunda, tercera, cuarta y rechazo) de cada tratamiento, permitió determinar que el portainjerto Anchor fue el tratamiento con mayor producción, con un promedio de 66,728 Kg/Ha; además, reporta mayor rendimiento en frutos de primera y tercera. El portainjerto Shelter presentó un rendimiento total de 37,579 Kg/Ha, ubicándose en una segunda posición en el presente estudio.
- El portainjerto Anchor presentó el mayor beneficio financiero, con una relación beneficio/costo de 1.79, seguida por el portainjerto Shelter que presentó una relación de 1.02; por lo que son los dos portainjertos que presentan mayor utilidad, si se comercializa la caja de tomate, equivalente a 22 kilogramos en Q119.00.

8. RECOMENDACIONES

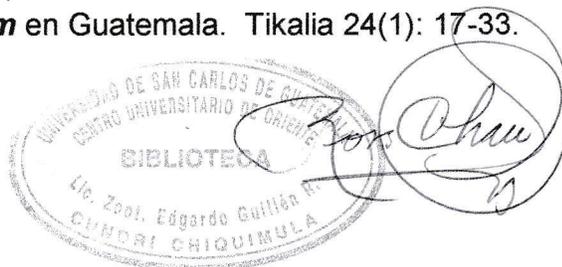
- Los productores que disponen de un sistema de producción de tomate en casa malla y que presentan problemas de *Ralstonia solanacearum*, pueden considerar como alternativa el uso del portainjerto Anchor, pues tiene un grado significativo de tolerancia a la enfermedad. Es aconsejable considerar que este sistema inicia a ser rentable, cuando el rendimiento superara los 66,728 Kg/Ha, equivalente a 2,055 cajas/manzana y se comercializa la producción a un precio mínimo de Q70.00 por caja de 22.7 kg.
- Realizar evaluaciones con nuevos materiales de tomate tolerantes a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, comparándolos con los materiales que presentaron mejores resultados en la presente investigación, para priorizar genotipos tolerantes y económicamente factibles de utilizar en los sistemas de producción.
- Cuando se confirma la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los suelos de un sistema de producción, se debe estar consciente que es difícil su control, por lo que se deben tomar medidas para evitar su diseminación a otras áreas de la finca o a otras fincas; desinfectando el calzado, herramientas agrícolas, implementos del tractor y otros materiales usados en las áreas infectadas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tolerantes a 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. 78 p.
- Campbell, G; Madden, S. 1990. Análisis temporal de epidemias: descripción y comparación de curvas de progreso de enfermedad. Brasil, PROAOD. p. 92-193.
- Castaño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate (en línea). San Salvador, IDEA. 38 p. Consultado 26 mar. 2014. Disponible en <http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/manualdelcultivodetomateWEB.pdf>
- 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 20 mar. 2012. Disponible en http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate_WEB.pdf

- Coutinho, TA. 2005. Introduction and prospectus on the survival of *R. Solanacearum*. In Bacterial Wilt disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex. Eds. C Allen; P Prior; AC Hayward. St. Paul, Mn, US, The American Phytopathological Society. p. 29-80.
- Cruz, JR De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, DIGESA. 42 p.
- Flores, R. 2006. Evaluación de híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) que se encuentran en proceso de mejoramiento y su resistencia al acolochamiento de la hoja causada por los geminivirus del género begomovirus. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 38-80.
- INFOAGRO (Información Agrícola, ES). 2014. Cultivo de chile (en línea). España, Editorial Agrícola Española S.A. Consultado 20 mar. 2014. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>
- _____. 2014. Cultivo de tomate (en línea). España, Editorial Agrícola Española S.A. Consultado 26 mar. 2014. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate3.htm>
- López, JG. 2004. Evaluación de solarizado para el control de ***Ralstonia Solanacearum*** en tomate ***Lycopersicum sculentum***, en la aldea el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 47 p.
- Mejía, L. 2003. Resistencia genética para la producción sostenible de tomate: producción de híbridos tolerantes a virosis transmitida por mosca blanca y su evaluación agronómica y molecular: informe final. Guatemala, FODECYT 11-100. p. 6-7.

- Mendoza, SE. 2006. Manual técnico del cultivo de tomate en campo. Guatemala, FASAGUA. 48 p.
- Orozco M, EF. 1997. Colonización de raíces de plantas dañinas por *Ralstonia solanacearum* "in vitro". Tesis M.Sc. Brasilia, BR, Universidad de Brasilia. p. 3-18.
- Priou, S; Aley, P; Chujoy, E; Lemaga, B; French, ER. 2010. Control integrado de la marchitez bacteriana de la papa (en línea). Perú, CIPOTATO. 34 p. Consultado 26 mar. 2014. Disponible en <http://www.cipotato.org/training/materials/publications/guiaesp.pdf>
- 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. 37 p.
- Rosales, A. 2004. Uso de un marcador molecular en la selección de plantas resistentes a nematodos formadores de nudos radiculares en un programa de mejora genética de tomate. Tesis M.Sc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 20-21.
- Sánchez, A; Mejía, L; Allen C. 2006. Estudio filogenético y de distribución de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en Guatemala. Tikalia 24(1): 17-33.



10. ANEXOS

Anexo 1. Área experimental de la evaluación de materiales tolerantes a *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, ubicada en la aldea El Amatillo, del municipio de Ipala, Chiquimula.



Anexo 2. Preparación de casa malla previo a la siembra de los materiales experimentales.



Anexo 3. Establecimiento de la plantación de tomate, bajo el diseño experimental de bloques completamente al azar.



Anexo 4. Plantación de materiales experimentales, 25 días después de su trasplante.



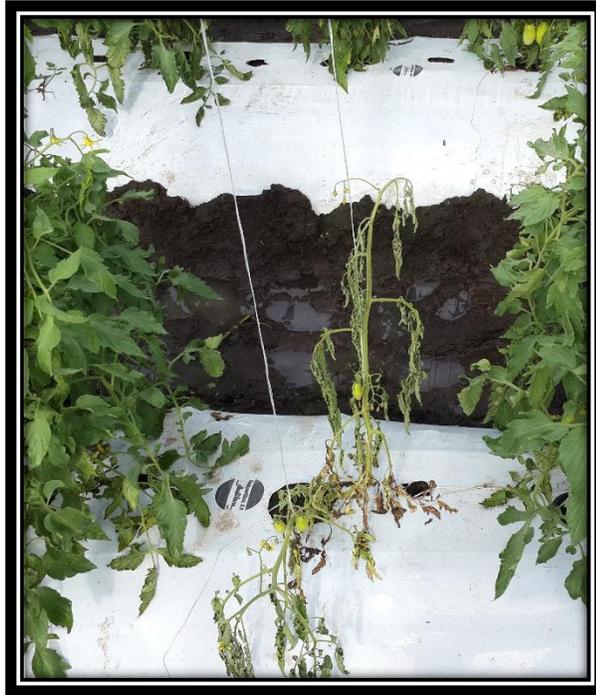
Anexo 5. Epinastia generalizada en hojas del cultivo de tomate, 30 días después del trasplante.



Anexo 6. Pérdida de turgencia en hojas de los materiales experimentales a los 35 días después del trasplante a causa de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith.



Anexo 7. Plantas de tomate con síntomas de marchitez generalizada, 42 días después del trasplante a causa de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith.



Anexo 8. Necrosamiento de haces vasculares, en materiales experimentales infectados con *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith.



Anexo 9. Prueba de flujo bacteriano, realizado en plantas con presencia de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith).



Anexo 10. Clasificación y pesado de frutos en híbridos experimentales.



Anexo 11. Híbrido Tabaré con síntomas de *Ralstonia solanacearum*, a los 100 días después de su trasplante.



Anexo 12. Portainjerto Anchor con síntomas de *Ralstonia solanacearum*, a los 100 días después de su trasplante.



Anexo 13. Portainjerto Maxifort con síntomas de *Ralstonia solanacearum*, a los 100 días después de su trasplante.



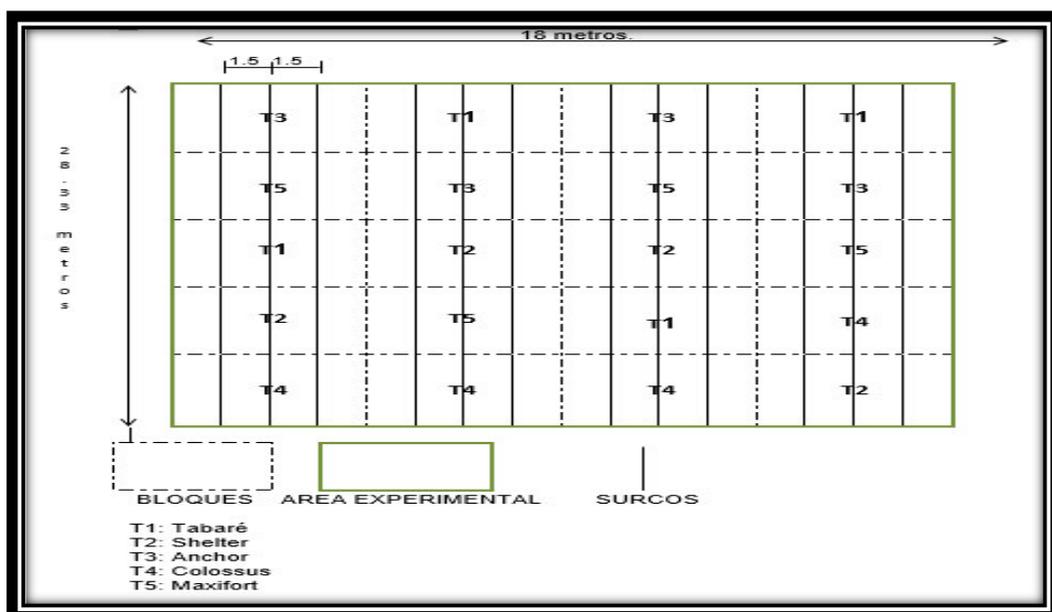
Anexo 14. Portainjerto Shelter con síntomas de *Ralstonia solanacearum*, a los 100 días después de su trasplante.



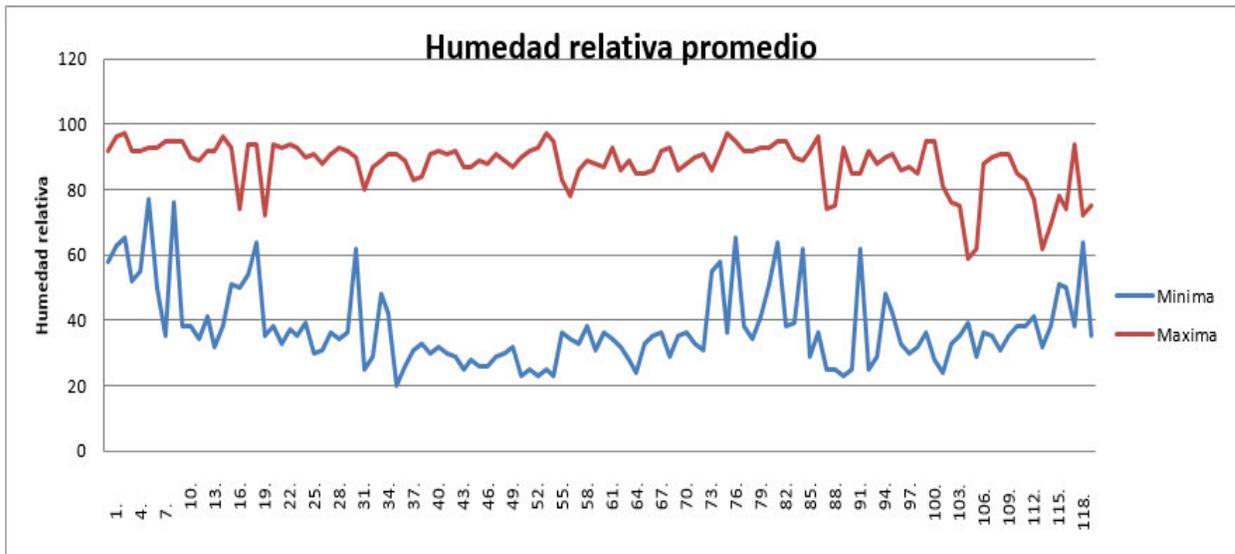
Anexo 15. Portainjerto Colosus con síntomas de *Ralstonia solanacearum*, a los 100 días después de su trasplante.



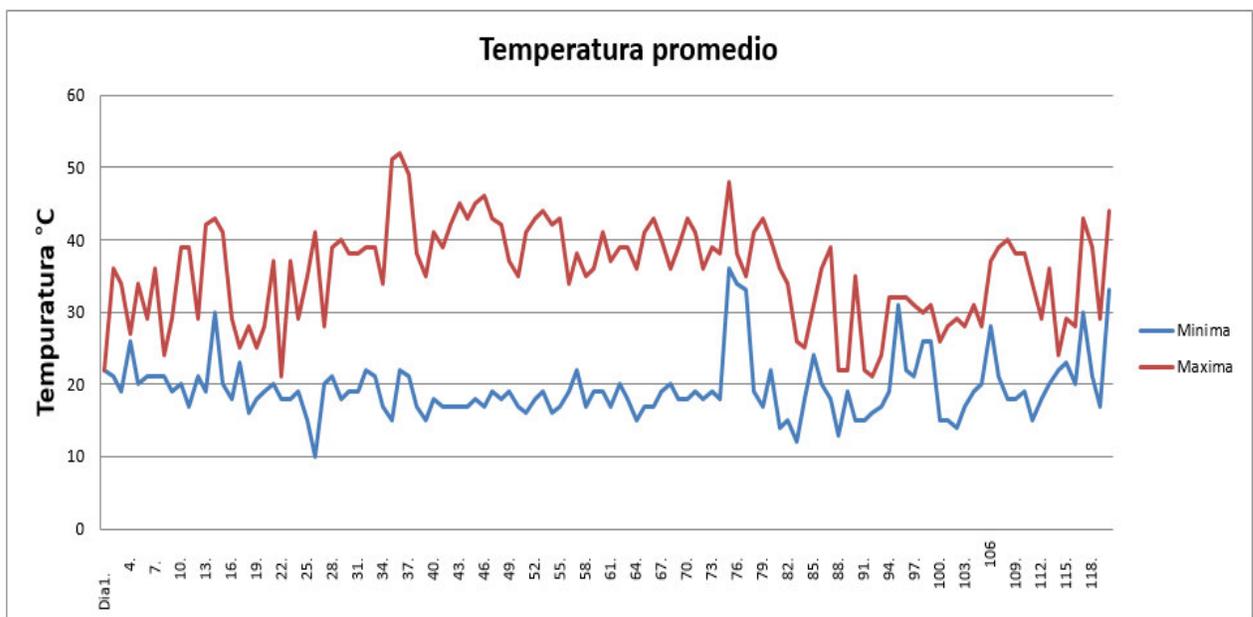
Anexo 16. Diseño experimental de bloques completamente al azar, que se utilizara en la evaluación de tolerancia a marchitez bacteriana en materiales de tomate.



Anexo 17. Humedad relativa promedio presentada en el área experimental, durante el ciclo productivo de los materiales en estudio.



Anexo 18. Temperatura promedio presentada en el área experimental, durante el ciclo productivo de los materiales en estudio.



Anexo 19. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo de portainjerto Anchor, según su presupuesto parcial.

Egresos- 1 ciclo	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub total	Total
1.RENTA O VALOR DE LA TIERRA					Q26,600
Arrendamiento	1	Hectárea	Q2,000	Q2,000	
Estructura metálica	1	Hectárea	Q12,600	Q12,600	
Tela malla			Q12,000	Q12,000	
2. MECANIZACIÓN					Q2,500
Preparación del terreno				Q 2,500	
3.MANO DE OBRA					Q36,480
Trazado y ahoyado	12	Jornales	Q60	Q720	
Siembra	22	Jornales	Q60	Q1,320	
Re-siembra	7	Jornales	Q60	Q420	
Control de plagas y enfermedades	50	Jornales	Q60	Q3,000	
Tutorado	343	Jornales	Q60	Q20,565	
Control de malezas	23	Jornales	Q60	Q1,380	
Cosecha	98	Jornales	Q60	Q5,855	
Clasificación de frutos	53	Jornales	Q60	Q3,220	
4.INSUMOS					Q207,523
Ganchos	26,667	Ganchos	Q2.5	Q66,668	
Cinta porta goteros	3	Rollos	Q1,625	Q4,875	
Pilón	13,400	Pilón	Q5.12	Q68,670	
Fertilizantes hidrosolubles	2,335	Kilos	Q15	Q35,025	
Insecticidas	39	Litro/kilo	Q374	Q14,586	
Fungicidas	46	Litro/kilo	Q279	Q12,834	
herbicidas	38	Litro	Q138	Q5,244	
Estacas	155	Estaca	Q1	Q155	
5.SERVICIOS					Q8,000
Mantenimiento de sistema de riego				Q8,000	
TOTAL					Q281,103
Imprevistos (5%)					Q14,055
TOTAL EGRESOS					Q295,158

Anexo 20. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo de portainjerto Shelter, según su presupuesto parcial.

Egresos- 1 ciclo	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub total	Total
1. RENTA O VALOR DE LA TIERRA					Q26,600
Arrendamiento	1	Hectárea	Q2,000	Q2,000	
Estructura metálica	1	Hectárea	Q12,600	Q12,600	
Tela malla			Q12,000	Q12,000	
2. MECANIZACIÓN					Q2,500
Preparación del terreno				Q 2,500	
3.MANO DE OBRA					Q27,420
Trazado y ahoyado	12	Jornales	Q60	Q720	
Siembra	22	Jornales	Q60	Q1,320	
Re-siembra	7	Jornales	Q60	Q420	
Control de plagas y enfermedades	50	Jornales	Q60	Q3,000	
tutorado	343	Jornales	Q60	Q20,565	
Control de malezas	23	Jornales	Q60	Q1,380	
Cosecha	73	Jornales	Q60	Q4,360	
Clasificación de frutos	40	Jornales	Q60	Q2,398	
4.INSUMOS					Q208,397
Ganchos	26,667	Ganchos	Q2.5	Q66,668	
Cinta porta goteros	3	Rollos	Q1,625	Q4,875	
Pilón	13,400	Pilón	Q5.10	Q68,403	
Fertilizantes hidrosolubles	2,335	Kilos	Q15	Q35,025	
Insecticidas	39	Litro/kilo	Q374	Q14,586	
Fungicidas	46	Litro/kilo	Q279	Q12,834	
herbicidas	38	Litro	Q138	Q5,244	
Estacas	155	Estaca	Q1	Q155	
5.SERVICIOS					Q8,000
Mantenimiento de sistema de riego				Q8,000	
TOTAL					Q272,917
Improvistos (5%)					Q13,646
TOTAL EGRESOS					Q286,563

Anexo 21. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo de portainjerto Maxifort, según su presupuesto parcial.

Egresos- 1 ciclo	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub total	Total
1. RENTA O VALOR DE LA TIERRA					Q26,600
Arrendamiento	1	Hectárea	Q2,000	Q2,000	
Estructura metálica	1	Hectárea	Q12,600	Q12,600	
Tela malla			Q12,000	Q12,000	
1. MECANIZACIÓN					Q2,500
Preparación del terreno				Q 2,500	
2.MANO DE OBRA					Q27,420
Trazado y ahoyado	12	Jornales	Q60	Q720	
Siembra	22	Jornales	Q60	Q1,320	
Re-siembra	7	Jornales	Q60	Q420	
Control de plagas y enfermedades	50	Jornales	Q60	Q3,000	
tutorado	343	Jornales	Q60	Q20,565	
Control de malezas	23	Jornales	Q60	Q1,380	
Cosecha	80	Jornales	Q60	Q4,800	
Clasificación de frutos	44	Jornales	Q60	Q2,640	
3.INSUMOS					Q225,817
Ganchos	26,667	Ganchos	Q2.5	Q66,668	
Cinta porta goteros	3	Rollos	Q1,625	Q4,875	
Pilón	13,400	Pilón	Q6.42	Q86,004	
Fertilizantes hidrosolubles	2,335	Kilos	Q15	Q35,025	
Insecticidas	39	Litro/kilo	Q374	Q14,586	
Fungicidas	46	Litro/kilo	Q279	Q12,834	
herbicidas	38	Litro	Q138	Q5,244	
Estacas	155	Estaca	Q1	Q155	
5.SERVICIOS					Q8,000
Mantenimiento de sistema de riego				Q8,000	
TOTAL					Q290,337
Improvistos (5%)					Q14,517
TOTAL EGRESOS					Q304,854

Anexo 22. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo de portainjerto Colosus, según su presupuesto parcial.

Egresos- 1 ciclo	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub total	Total
1. RENTA O VALOR DE LA TIERRA					Q26,600
Arrendamiento	1	Hectárea	Q2,000	Q2,000	
Estructura metálica	1	Hectárea	Q12,600	Q12,600	
Tela malla			Q12,000	Q12,000	
1. MECANIZACIÓN					Q2,500
Preparación del terreno				Q 2,500	
2.MANO DE OBRA					Q27,420
Trazado y ahoyado	12	Jornales	Q60	Q720	
Siembra	22	Jornales	Q60	Q1,320	
Re-siembra	7	Jornales	Q60	Q420	
Control de plagas y enfermedades	50	Jornales	Q60	Q3,000	
tutorado	343	Jornales	Q60	Q20,565	
Control de malezas	23	Jornales	Q60	Q1,380	
Cosecha	80	Jornales	Q60	Q4,800	
Clasificación de frutos	44	Jornales	Q60	Q2,640	
3.INSUMOS					Q208,665
Ganchos	26,667	Ganchos	Q2.5	Q66,668	
Cinta porta goteros	3	Rollos	Q1,625	Q4,875	
Pilón	13,400	Pilón	Q5.14	Q68,937	
Fertilizantes hidrosolubles	2,335	Kilos	Q15	Q35,025	
Insecticidas	39	Litro/kilo	Q374	Q14,586	
Fungicidas	46	Litro/kilo	Q279	Q12,834	
herbicidas	38	Litro	Q138	Q5,244	
Estacas	155	Estaca	Q1	Q155	
5.SERVICIOS					Q8,000
Mantenimiento de sistema de riego				Q8,000	
TOTAL					Q273,185
Imprevistos (5%)					Q13,659
TOTAL EGRESOS					Q287,844

Anexo 23. Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo del híbrido Tabaré,
según su presupuesto parcial

Egresos- 1 ciclo	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub total	Total
1. RENTA O VALOR DE LA TIERRA					Q26,600
Arrendamiento	1	Hectárea	Q2,000	Q2,000	
Estructura metálica	1	Hectárea	Q12,600	Q12,600	
Tela malla			Q12,000	Q12,000	
2. MECANIZACIÓN					Q2,500
Preparación del terreno				Q 2,500	
3.MANO DE OBRA					Q27,420
Trazado y ahoyado	12	Jornales	Q60	Q720	
Siembra	22	Jornales	Q60	Q1,320	
Re-siembra	7	Jornales	Q60	Q420	
Control de plagas y enfermedades	50	Jornales	Q60	Q3,000	
tutorado	343	Jornales	Q60	Q20,565	
Control de malezas	23	Jornales	Q60	Q1,380	
Cosecha	17	Jornales	Q60	Q1,020	
Clasificación de frutos	10	Jornales	Q60	Q600	
4.INSUMOS					Q151,849
Ganchos	26,667	Ganchos	Q2.5	Q66,668	
Cinta porta goteros	3	Rollos	Q1,625	Q4,875	
Pilón	13,400	Pilón	Q0.62	Q8,334	
Fertilizantes hidrosolubles	2,335	Kilos	Q15	Q35,025	
Insecticidas	39	Litro/kilo	Q374	Q14,586	
Fungicidas	46	Litro/kilo	Q279	Q12,834	
herbicidas	38	Litro	Q138	Q5,244	
Estacas	155	Estaca	Q1	Q155	
5.SERVICIOS					Q8,000
Mantenimiento de sistema de riego				Q8,000	
TOTAL					Q216,369
Improvistos (5%)					Q10,818
TOTAL EGRESOS					Q227,187