



CRIA ORIENTE

Cadena de Tomate

Informe del Proyecto de Investigación

Evaluación de tres portainjertos de tomate tolerantes a marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, y su efecto sobre el rendimiento de tomate, bajo condiciones protegidas de casa malla, en el Municipio de Camotán, Chiquimula 2016.

Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña
CUNORI
Tec. Gerson Eduardo Cruz Flores
CUNORI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

Evaluación de tres portainjertos de tomate tolerantes a marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, y su efecto sobre el rendimiento de tomate, bajo condiciones protegidas de casa malla, en el Municipio de Camotán, Chiquimula 2016.

Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña¹
Tec. Gerson Eduardo Cruz Flores²

Resumen Ejecutivo

Una de las problemáticas en tomate que se identificaron con los agricultores de la región Oriente fue la marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* la cual ha causado considerables pérdidas económicas al productor debido a que el cultivo no finaliza su etapa productiva. En base a la problemática se realizó la evaluación de la tolerancia a marchitez bacteriana de tres porta injertos y su efecto sobre el rendimiento. La investigación se llevó a cabo en la Finca La Nobleza de la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. Las principales variables evaluadas fueron las siguientes: tolerancia a marchitez bacteriana, el rendimiento en (Kg/ha) y el análisis económico de cada uno de los tratamientos. Para el experimento se utilizó un diseño en bloques completos al azar; conteniendo 8 repeticiones y 3 tratamientos, con un distanciamiento entre surcos de 1.60 m y entre planta 0.40 m, obteniendo un área total del diseño de 552.96 m² y área de unidad experimental de 24.12 m². Entre los resultados obtenidos en la variable de tolerancia, el porta injerto Shelter RZ posee un mayor grado de tolerancia con un valor de 2.7, seguido por el porta injerto Endurance con un valor de 3.2 y XR 500 con un valor de 5.5. En la variable de rendimiento el porta injerto XR 500 presento mayor resultado con una media de 215,035 kg/ha, seguido por Endurance con 188,982 kg/ha y por último Shelter RZ con 187,079 kg/ha. En el análisis económico se determinó que la mejor relación beneficio costo fue para el porta injerto XR 500 con 1.61 y una rentabilidad de 61%, seguido por Shelter con una rentabilidad de 49% y el para Endurance una rentabilidad de 47%, por lo que los tres porta injertos son financieramente rentables para los productores. Por lo tanto, se recomienda utilizar el porta injerto Shelter RZ, en suelos donde esté presente *R. solanacearum*, debido a su tolerancia.

¹ Investigador Principal de CUNORI

² Investigador Auxiliar de CUNORI



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el cultivo de tomate es una de las hortalizas más importantes y de mayor producción y consumo, debido a que forma parte en la dieta alimenticia de los guatemaltecos por su sabor y alto valor nutritivo que posee, conteniendo cantidades considerables de vitaminas y minerales.

Chiquimula, es uno de los departamentos de mayor producción de cultivares de tomate a nivel nacional, siendo la hortaliza con mayor importancia económica para un gran número de familias, quienes se benefician a través de la producción y el empleo que generan las distintas actividades que conlleva este cultivo.

La marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), en la región oriental del país ha excluido el cultivar en áreas infectadas, lo que ha provocado que los agricultores migren a áreas no infectadas o el abandono de esta actividad agrícola. En el caso de los agricultores que cultivan en áreas infectadas han adoptado el uso de porta injertos de cultivares de tomate tolerantes a *R. solanacearum* que es una de las alternativas más viables para los productores.

Se han realizado investigaciones sobre la evaluación de resistencia a marchitez bacteriana *R. solanacearum* E.F. Smith, de porta injertos de tomate (*Solanum lycopersicum*), en los municipios de Ipala y Camotán, del departamento de Chiquimula, dando como resultado el porta injerto comercial que presentaba una mayor resistencia a la enfermedad fue retido del mercado perjudicado y no satisfaciendo las necesidades de viabilidad de los agricultores.

Con el objetivo principal de generar información válida sobre distintos porta injertos de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) que resistan a la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) se realizó la evaluación de la resistencia de tres porta injertos a Marchitez bacteriana.

La metodología que se utilizó para evaluar los porta injertos de cultivares de tomate, consistió en el establecimiento de parcelas con un área total de 552.96 m² en la localidad de Camotán, Chiquimula, la evaluación se fundamentó en el establecimiento de una plantación de tomate con los materiales en estudio, bajo el diseño de bloques al azar, en las que se cuantificó las variables de resistencia a la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*), utilizando los parámetros de severidad e incidencia de la enfermedad sobre los genotipos de tomate. Además se determinó y cuantificó la influencia sobre el rendimiento de los porta injertos, determinando la relación beneficio costo como indicador financiero.

2. JUSTIFICACIÓN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) es una actividad importante en la región oriental del país cuyas condiciones agroecológicas favorecen su cultivo. Es la hortaliza con mayor área cultivada, mayor volumen de producción y mayor consumo en el país. En resumen, este cultivo es de gran importancia local en la dieta de la población y por el efecto económico como fuente de empleos y movimiento comercial en general.

En los últimos años la producción de tomate se ha visto afectada en el oriente del país por plagas y enfermedades, las cuales reducen la producción, limitando el cultivo en ciertas áreas. Dentro de esto cabe mencionar que los problemas de marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum* E.F. Smith en el departamento de Chiquimula, se ha venido incrementando por la presión que se le ha hecho al suelo con los monocultivos continuos, esto ha contribuido a la limitación del cultivo en áreas infectadas, resultando en la migración de los agricultores hacia otros áreas no infectadas o el abandono de esta actividad agrícola.

Debido a las condiciones climáticas favorables que presenta la región oriental de Guatemala, han favorecido el desarrollo y diseminación del patógeno sobre las áreas productoras de tomate, más en condiciones protegidas ya que genera un incremento en la incidencia y severidad de enfermedades foliares, vasculares y de suelo a causa de la alteración de temperaturas, humedades en el interior de las estructuras y la presión que se le ejerce al suelo con el monocultivo continuo creando así condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo de *R. solanacearum*.

El uso de variedades resistentes o injertos sobre patrones 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 (Agrios 1999).

Con esta investigación se pretende generar información a través de la evaluación de injertos sobre patrones resistentes de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), con la finalidad de determinar los mejores cultivares que presenten mejores características agronómicas de rendimiento y resistencia o tolerancia a la marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum* E.F. Smith, bajo la condición ambiental que contenga este patógeno.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Tomate

El origen del género *Solanum* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos 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.

El género comprende 9 especies, 8 de las cuales se han mantenido dentro de los límites de su lugar de origen. Una sola *L. esculentum* bajo su forma silvestre *L. ceraciforme*, fue llevada hacia América Central por los indígenas en forma de maleza. Fue en México donde ocurrió la domesticación, especialmente en la zona de Puebla y Veracruz. De ahí fue introducido en Europa en el siglo XVI, donde por largo tiempo se le consideró como venenosa. (Depestre, 1999).

El tomate cultivado pertenece a la familia de las solanáceas. Es una especie diploide con $2n=24$ cromosomas. La flor es hermafrodita y su estructura asegura una estricta autogamia (pistilo encerrado en el cono de 5 a 7 estambres con dehiscencia interna longitudinal (Depestre, 1999).

3.2 Condiciones de cultivo

El tomate es una especie de estación cálida razonablemente tolerante al calor y a la sequía y sensible a las heladas. La humedad relativa óptima para el desarrollo del tomate varía entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. La temperatura media mensual óptima para su desarrollo varía entre 21 y 24°C, aunque se puede producir entre los 18 y 25°C. Aunque el tomate puede producirse en una amplia gama de condiciones de suelos, los mejores resultados se obtienen en suelos profundos (1 m o más), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en el perfil. Suelos con temperaturas entre los 15 y 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante. El pH debe estar entre 5,5 y 6,8.

3.3 Enfermedad

El estatus de enfermedad, se define como un estado de anormalidad de la planta, en el cual se ve reducido su potencial productivo, asociado a un deterioro de su estructura e incluso su colapso.

Para que se pueda manifestar una enfermedad, se deben asociar tres factores, cuya importancia es relativa en cuanto a la susceptibilidad a un determinado patógeno y la severidad de su interacción. Un primer factor está asociado a la presencia de los patógenos en el medio, lo cual corresponde, en términos normales, a la dinámica ecológica de los suelos en cuanto a la diversidad y de regulación poblacional. Esta diversidad se ve alterada como consecuencia del monocultivo de determinadas especies hortícolas, del uso de pesticidas y también de las prácticas de manejo productivo, las cuales favorecen el desarrollo de ciertas poblaciones que presentan una mayor afinidad con las plantas cultivadas. Este mismo factor es el responsable del incremento de la severidad de los patógenos, al potenciar procesos de selección que se traducen en resistencias o tolerancias a los medios de control químicos. Otro factor, corresponde a la condición del hospedero, en cuanto a su etapa fenológica y metabólica, la cual tiene relación con la resistencia o tolerancia frente a la interacción con un determinado patógeno.

3.4 Marchitez Bacteriana

La Marchitez bacteriana es una enfermedad mortal para muchas especies de plantas, más notoriamente de miembros de la familia de las Solanáceas a la cual pertenecen cultivos importantes en Guatemala como el tomate, chiles, berenjena y papa. En la última década en el país se ha incrementado alarmantemente la ocurrencia de Marchitez bacteriana en berenjena y tomate, y con menos frecuencia en chile, provocando pérdidas. La enfermedad es causada por la bacteria que está presente en el suelo *R. solanacearum* (antes *Pseudomonas solanacearum*).

3.5 Agente causal *R. solanacearum*

El patógeno causante de la enfermedad, la bacteria *R. solanacearum*, es realmente un conjunto de razas o cepas que comparten suficientes características morfológicas, genéticas, bioquímicas y patogénicas para considerarlas una misma especie. No obstante, dichas cepas poseen algunas características distintivas que las diferencian entre sí, de las cuales en la práctica la más importante es la habilidad para infectar distintas especies de plantas. Basado en lo anterior históricamente se ha reconocido la existencia de por lo menos tres razas (FHIA, 2012).

Raza 1 Esta raza tiene un amplio rango de plantas hospederas y es usualmente conocida como la raza de las Solanáceas puesto que este es el grupo más importante de plantas cultivadas que ataca (exceptuando a la papa); también ataca jengibre, cacahuete, etc.

Raza 2 Ocurre en plantas de la familia de las Musáceas, a la cual pertenecen el banano, plátano y moroca, causándoles la enfermedad llamada “Moko”.

Raza 3 Es la raza que preferencialmente ataca a la papa y al geranio.

La investigación más reciente sobre *R. solanacearum*, en el país, es la investigación realizada por Sánchez, (2006). Que consta del Estudio Filogenético y Distribución de la Bacteria *R. solanacearum* en Guatemala. En donde la bacteria fue aislada en diferentes estratos altitudinales siendo estos descritos en el cuadro 1, caracterizada en grupos filogenéticos basados en la secuencia del gen de la endoglucanasa y la región intergénica 16S-23S, usando este sistema de clasificación, *R. solanacearum* se divide en 4 grupos filogenéticos el cual coincide con su origen geográfico.

Cuadro 1.

Resumen de los resultados obtenidos en las pruebas de PCR, caracterización de biovar y caracterización filogenético de las diferentes muestras colectadas en Guatemala, (Sánchez 2006).

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

Fuente: Sánchez, Mejía y Alle 2006

3.6 Mejoramiento de plantas

La mejora vegetal es el arte y la ciencia de cambiar la genética de plantas en beneficio de la humanidad. Existen varias aproximaciones a la mejora genética: la más simple, consiste en seleccionar las plantas más vigorosas a fin de que actúen de parentales durante cruces dirigidos, lo que en principio transmitirá ese vigor a la progenie; no obstante, existen técnicas moleculares más avanzadas que ayudan a esta selección (Poehlman, 1995).

La mejora vegetal es una disciplina de miles de años de antigüedad, cercana al origen de la civilización. Hoy en día, la practican granjeros y jardineros, así como mejoradores vegetales empleados por instituciones del gobierno, universidades e industrias del sector (Poehlman, 1995).

Su objetivo, el desarrollo de variedades de mayor productividad, resistencia a patógenos, resistencia a estrés o de líneas adaptadas a condiciones locales (Poehlman, 1995).

3.7 Resistencia

Es un medio privilegiado para controlar enfermedades provocadas por virus, bacterias, hongos y nemátodos. La resistencia es toda característica heredable que permite una disminución de la incidencia de un agente patógeno o de un depredador sobre la cantidad o calidad de una cosecha. La eficacia de una resistencia proviene de la combinación de dos factores: el nivel de expresión de la misma y su estabilidad en el tiempo o durabilidad, ambos factores poseen su propio determinismo (Depestre, 1999).

3.8 Resistencia genética a marchitez bacteriana

Se conocen algunas fuentes de resistencia y cuya característica puede ser incorporada a cultivares comerciales susceptibles con éxito para el control de la enfermedad. Desafortunadamente, es muy raro que variedades con resistencia alta y estable también muestren buenas características de fruto y de producción. Por otro lado, la resistencia conferida es usualmente específica para una cepa o pocas cepas de la bacteria, mostrando variaciones notorias de sitio a sitio de acuerdo a la cepa predominante y a las temperaturas prevalecientes en dichos sitios. Por ejemplo, en variedades de papas resistentes a menudo la resistencia falla cuando se cultivan en sitios con temperaturas más altas (FHIA, 2012).

3.9 Injerto sobre patrones resistentes

Cuando no existen variedades resistentes, el injerto puede ser una excelente alternativa para el efectivo control de Marchitez bacteriana. Existen algunas variedades de tomate con malas características de producción que tienen resistencia y pueden ser utilizadas como patrones injertando sobre ellas otras variedades de la misma especie con características hortícolas deseables. En casos en que la ocurrencia de excesos de humedad en el suelo es frecuente, existen patrones de berenjena que pueden utilizarse en sustitución de los patrones de tomate susceptibles al exceso de agua. Dichos patrones resistentes de berenjena también se utilizan para injertar sobre ellos variedades comerciales de berenjena susceptibles a la enfermedad. El efecto beneficioso del injerto para el control de Marchitez bacteriana es dramático; pudiendo usualmente reducir la muerte de plantas a cero (FHIA, 2012).

4. OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo General

- Evaluar el rendimiento y tolerancia a marchitez bacteriana provocada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, de tres porta injertos de tomate (*S. lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas en el municipio de Camotán, Chiquimula.

4.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar la tolerancia a marchitez bacteriana de tres porta injertos de tomate (*S. lycopersicum* L.), mediante los modelos de incidencia y severidad, para seleccionar el cultivar que presente mayor tolerancia.
- Determinar el rendimiento (Kg/Ha) de tres porta injertos de cultivares de tomate (*S. lycopersicum* L.), para identificar el que presenta mayor productividad.
- Determinar la relación beneficio/costo de tres porta injertos de tomate (*S. lycopersicum* L.), con la finalidad de establecer cual presenta mayor rentabilidad para el productor.

5. HIPOTESIS

- No presentan diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares a evaluar en cuanto a la incidencia causada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate.
- No presentan diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares a evaluar en relación a la severidad de daño causada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate.
- No presentan diferencias estadísticamente significativas en cuanto al rendimiento total en kilogramos por hectárea entre los cultivares de tomate a evaluar.

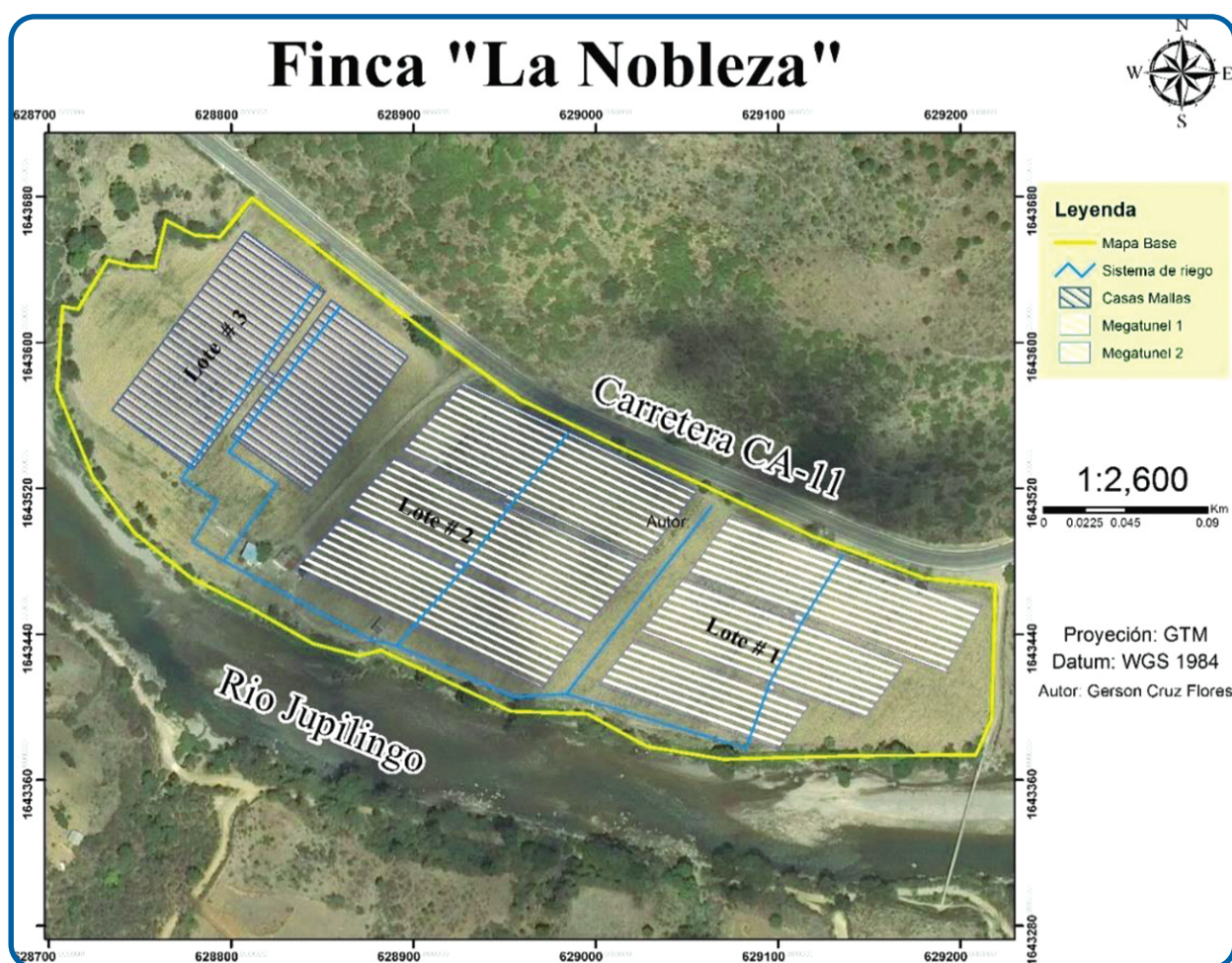
6. METODOLOGÍA

6.1 Localidad y época (s):

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

Figura 1.

Mapa finca “La Nobleza” ubicada en aldea Shupa, del municipio de Camotán, Chiquimula.



Fuente: elaboración propia

La investigación se manejó de Noviembre de 2016 a junio de 2017.

6.2 Diseño experimental:

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres tratamientos, ocho repeticiones y catorce grados de libertad del error.

6.3 Tratamientos:

a. SHELTER RZ (testigo o tratamiento 1)

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

b. ENDURANCE (tratamiento 2)

Porta injerto con excelente eficiencia y resultados, con una mayor uniformidad de las plantas; ofrece resistencia paquete completo, es compatible con la mayoría de las variedades de tomates existentes en el mercado; recomendado para campo abierto y condiciones protegidas, poseen resistencia alta a virus del mosaico del tomate, fusarium, verticillium, alta resistencia a Fusarium 3, nematodo y resistencia alta a la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) (casa de semillas Nuhnems).

c. XR 500 (tratamiento 3)

Porta injerto especialmente útil en suelos altamente infectados por su excelente resistencia alta a las enfermedades del suelo como marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) y nemátodos. Esta variedad aumenta el vigor y el tamaño del fruto mientras que mantiene en equilibrio el vigor y la producción de la planta, también mejora el comportamiento de las plantas bajo estrés de temperaturas bajas, poseen resistencia alta a virus del mosaico del tomate, fusarium y verticillium y resistencia media a Meloidogyne (casa de semillas East West).

Todos los tratamientos están injertados sobre la variedad comercial Tabaré, que es un tomate tipo saladet para recolección en rojo. Planta con vigor medio y entrenudo largo. Fruto alargado y ramillete bastante grande. Buen cuaje con altas temperaturas. Buena firmeza. Resistencia alta a: virus del mosaico del tabaco, fusarium y a verticillium y resistencia intermedia a Meloidogyne (casa de semillas Rijk Zwaan).

6.4 Tamaño de la unidad experimental

El diseño experimental contó con un área total de 552.96 metros cuadrados y una unidad experimental de 24.12 metros cuadrados (6.4 x 3.6), dentro de la cual el área efectiva fue de 6.4 metros cuadrados (3.2 x 2). El distanciamiento entre plantas será de 0.40 metros y 1.60 metros entre surcos. La densidad de plantas por parcela bruta es de 36 y 10 por parcela neta; se consideró un surco de efecto de borde por lado y una planta por cada extremo, de las dos hileras centrales.

6.5 Tamaño de la parcela neta

Las dimensiones de la parcela neta será de 3.2 m de ancho por 2 m de largo correspondiendo a una parcela neta de 6.40 metros cuadrados, siendo la densidad por tratamiento de parcela neta de 10 plantas.

6.6 Modelo estadístico

Se analizó el siguiente modelo:

a. Análisis de varianza individual

El modelo adoptado será el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, t \text{ y } j = 1, 2, 3, \dots, r$$

Donde:

Y_{ij} = kilogramos de tomate por hectárea referentes al i-ésimo tratamiento.

en el j-ésimo bloque.

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

β_j = Efecto del bloque j.

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

- Distribución de los tratamientos

Se realizó el sorteo de los tratamientos en ocho repeticiones establecidos en el municipio de Camotán, Chiquimula.

El diseño a utilizar es el de bloques completos al azar.

Distribución de los tratamientos en bloques completos al azar para evaluar los tres porta injertos de tomate (*S. lycopersicum L.*)

Figura 2.
Distribución de los tratamientos en la unidad experimental.

BLOQUE 8	BLOQUE 1
801	101
802	102
803	103
BLOQUE 7	BLOQUE 2
702	202
701	201
703	203
BLOQUE 6	BLOQUE 3
601	301
603	303
602	303
BLOQUE 5	BLOQUE 4
503	403
502	402
501	401

Fuente: Sánchez, Mejía y Alle 2006

6.6 Variables respuesta

- Incidencia de Marchitez bacteriana en los cultivares de Tomate
- Severidad de Marchitez bacteriana en los cultivares de Tomate
- Rendimiento (Kg/Ha)
- Relación Beneficio/Costo

a. Tolerancia

El termino 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 tomará 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 (porta injerto utilizado por los productores) o estándar, utilizando la siguiente ecuación:

$$S_x = S_y \frac{D_x}{D_y}$$

Fuente: Aristondo, 2015

Formula estandarización y re-escalamiento de valores para tolerancia.

Dónde:

S_x : valor de la escala para el genotipo objetivo.

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

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

D_y : AUDPC (severidad) o porcentaje de incidencia observado para la variedad estándar.

- Incidencia de *R. solanacearum*

El porcentaje de incidencia se determinará a través de la contabilización del número de plantas que presentaran 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:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Total de plantas con síntomas de marchitez}}{\text{número total de plantas muestreadas}} \times 100$$

- Severidad de *R. solanacearum*

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 2.
Escala de severidad para plantas afectadas por marchitez

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

Fuente: Arteaga y Avendaño, 2004

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

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

Donde:

y_i = índice de severidad de la lectura anterior.

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

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

t_i = días después del trasplante de la lectura anterior

b. Rendimiento

Se define como la cantidad total de frutos en kilogramos por hectárea, para la medición de este parámetro se obtuvo al finalizar el ciclo productivo de la planta. Para el cultivo de tomate se consideró el total obtenido.

•Consistencia de frutos

Para determinar la consistencia de los frutos obtenidos por parte de los tratamientos evaluados, 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.

•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.

c. Relación beneficio costo

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

- Costos de producción

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

- Ingresos

Para estimar el valor de ingresos se comercializó el producto a la cadena de tiendas Walmart, la cosecha se transportó en camiones de dicha empresa y los tomates se colocaron en cajas de plástico con una capacidad de 36 libras.

6.7 Análisis de la información

Se utilizó el programa estadístico INFO-STAT, donde se utilizó los siguientes análisis:

- Análisis combinado través de modelos lineales multivariados por componentes principales
- LSD Fisher (prueba de media)
- Se determinará la rentabilidad mediante la utilización de la relación beneficio-costos

Fórmula:

$$B/C = VAI/VAC$$

Donde:

B/C : Relación beneficio costo

VAI : Valor actual de los ingresos y beneficios

VAC : Valor actual de los costos

6.8 Manejo del experimento:

a. Preparación del terreno

Previo a la siembra se hizo las labores necesarias para preparar el terreno y dejarlo listo para la siembra. Esta labor se hizo en forma manual.

b. Trazo del experimento

Se procedió al trazo del área experimental, que incluye la delimitación de las unidades experimentales, y a efectuó la aleatorización de los tratamientos.

c. Trasplante

Se hizo en forma manual. Se manejó distancias de 1.60 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. Posterior se realizó monitoreos para observar si existen plantas que sufrieron muerte en el trasplante por marchitamiento, y se hizo la respectiva replante.

d. Control de malezas

Durante el ciclo de cultivo y de acuerdo a las necesidades, se hizo las limpiezas que sean necesarias. Esta labor será realizada en forma manual y a través del uso de herbicidas (Gramoxone).

e. Control de plagas y enfermedades

Para el control de enfermedades del follaje se utilizó fungicidas preventivos y curativos.

f. Fertilización

Se utilizó fertilizaciones granulados e hidrosolubles y se complementarán con aplicaciones foliares de Calcio-Boro y Zinc.

g. Tutorado

El tutorado que se utilizó será el holandés, utilizando guías con anillos y pita de nylon blanca, también denominado colgado, en este tutorado se colocan palos fuertes y en la parte superior se cruza una cuerda de alambre (calibre 8 ó 12), del cual se sostienen verticalmente las cuerdas que cuelgan dando amarre a las plantas. Los amarres se hacen una o dos veces por semana, a medida que la planta desarrolla su tallo (Vallejo & Estrada, 2004).

h. Cosecha

Se realizó cortes periódicamente esto se debe a que el fruto no madura uniformemente, sino al momento de la cosecha se cortaron únicamente frutos de color rojo brillante.

7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Después de la fase de campo, se obtuvo los resultados de las variables evaluadas, las cuales son: tolerancia, incidencia, severidad basándose en las observaciones realizadas y el rendimiento total por hectárea de cada uno de los tratamientos.

1.1 Tolerancia

La tolerancia se midió por medio de la incidencia y severidad de la enfermedad, ya que depende de la cantidad de inóculo inicial, para afectar a las plantas de forma más o menos severa.

Como no existe un sistema estándar para medir el grado de tolerancia a *Ralstonia solanacearum* en genotipos de tomate; se procedió a establecer un valor representativo y fácilmente interpretable del grado de tolerancia en cada uno de los cultivares de tomate evaluados, realizando una estandarización y un re-escalamiento con una escala comprendida del 1 al 10, tomando en cuenta los valores obtenidos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC por sus siglas en inglés) y el porcentaje de incidencia como parámetros de la variable en estudio. Entendiéndose como los porta injertos con mayor tolerancia aquellos que presenten los valores más bajos y viceversa.

En el cuadro 7 se presentan los valores estándar promedio de los parámetros incidencia y severidad.

Cuadro 3.
Grado de tolerancia a *R. solanacearum* en porta injertos de tomate,
utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros incidencia y severidad,
del municipio Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamiento	Grado de tolerancia según AUDPC de la severidad y % de la incidencia
Shelter RZ	2.7
Endurance	3.2
XR 500	5.5

La cantidad de plantas infectadas y los valores obtenidos del área bajo la curva de la enfermedad de cada uno de los tratamientos determinaron el grado de tolerancia, siendo el porta injerto Shelter Rz (porta injerto utilizado por los agricultores) el de mayor tolerancia a marchitez bacteriana, con un valor de 2.7. El porta injerto Endurance tiene un valor de 3.2, también posee valor aceptable de incidencia y los valores obtenidos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad fueron bajos, pero estos superan al porta injerto Shelter Rz. En cuanto al porta injerto XR 500 posee un grado de tolerancia menor a todos, con un grado de 5.5, fue el más afectado en los valores de incidencia y severidad.

6.1.1 Incidencia

La incidencia se observó por medio de la sintomatología que presentaba cada planta, marchitez y flacidez del follaje, enanismo y amarillamiento que es causa de la infección de las plantas a partir de las raíces y colonización de la bacteria dentro del sistema vascular del tallo de la planta.

En el cuadro 8 se presentan los datos obtenidos de la variable incidencia de los tratamientos evaluados durante todo el ciclo de producción.

Cuadro 4.
Porcentaje de incidencia de *R. solanacearum*, sobre los porta injertos evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamientos	Repeticiones							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Shelter Rz	60	60	90	50	30	0	0	10
Endurance	40	60	60	50	20	0	30	90
XR 500	60	80	90	60	80	50	40	80

Mediante el análisis de los modelos lineales generales y mixtos de los valores en porcentaje del parámetro incidencia de la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) sobre los porta injertos de tomate, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados al 5% de significancia, por ende se rechaza la hipótesis planteada (cuadro 9).

Cuadro 5.
Análisis de modelos lineales generales y mixtos para el indicador incidencia de *R. solanacearum*, sobre los porta injertos evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula. 2016.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	LogLik	Sigma	R2-0
24	157.44	164.47	-67.72	19.99	0.71

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	147.73	<0.0001
Tratamiento	2	5.02	0.0227
Repetición	7	3.4	0.0246

Pruebas de hipótesis tipo III – prueba

		numDF	denDF	F-value	p-value
1	Tratamiento	2	14	5.02	0.0227
2	Repetición	7	14	3.4	0.0246

Ya que existe diferencia significativa entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación de medias de LSD Fisher, al 5% de significancia, identificando al porta injerto Shelter RZ como el tratamiento que mostró menor incidencia de marchitez bacteriana, con un valor de 37.5%, seguido por el porta injertos Endurance, con valor de 43.75% y XR 500 como el tratamiento con mayor incidencia de 67.5 %. La incidencia en cada uno de los tratamientos fue aumentando debido a las condiciones edafoclimáticas favorables, altas temperaturas, humedad relativa alta y cuando las plantas empezaron a recibir su manejo agronómico, como podas, limpias y guiado.

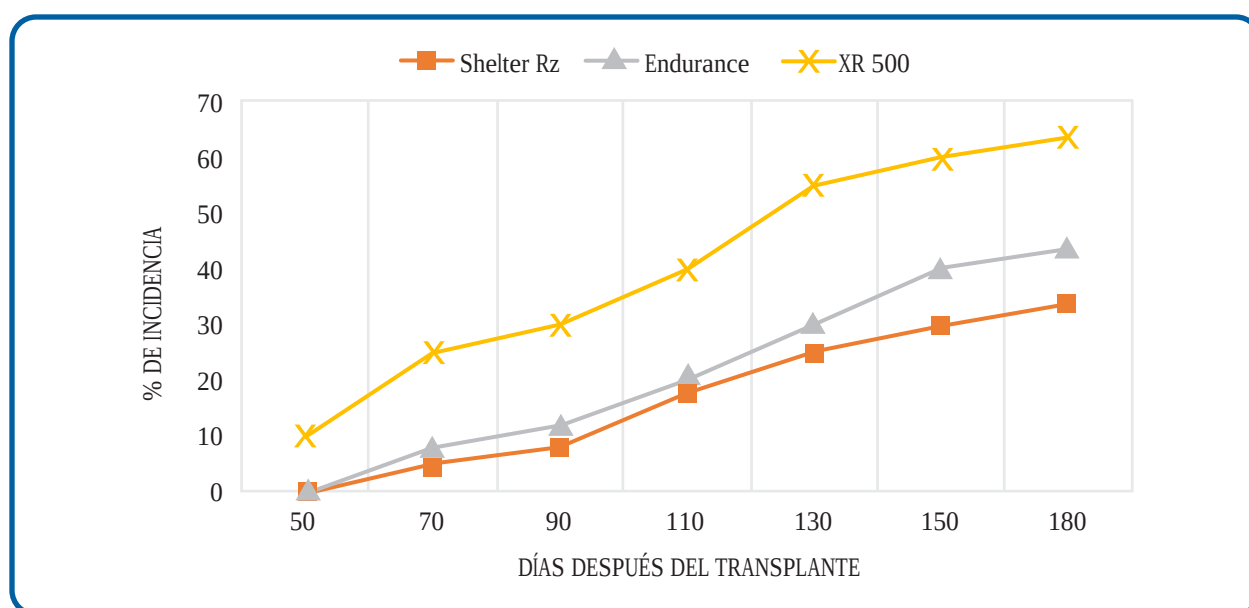
Cuadro 6.
Prueba de comparación de medias de LSD Fisher, para el indicador
Incidencia de *R. solanacearum* sobre los porta injertos
evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamiento	Medias	E.E.	Grupo LSD Fisher
XR 500	67.5	7.07	A
Endurance	43.75	7.07	B
Shelter Rz	37.5	7.07	B

En la figura 4, se aprecia el comportamiento de la enfermedad en los tratamientos evaluados a través del tiempo, la variación entre los días después del trasplante sobre los cuales ocurrieron las incidencias. El porta injerto XR 500 mostró los primeros síntomas de la enfermedad a los 55 días después del trasplante en la parte donde más afectó *R. solanacearum* y donde las condiciones no fueron tan favorables para esta bacteria, los primeros síntomas se observaron a los 110 días después del trasplante. Los otros tratamientos mostraron síntomas a partir de los 75 días después del trasplante donde más afectó la bacteria y donde las condiciones no fueron tan favorables para el patógeno los primeros síntomas se observaron a los 120 días (anexo 13).

Luego de los 75 días, la curva se incrementó considerablemente debido a las condiciones edafoclimáticas favorables (exceso de lluvia, encharcamiento, altas temperaturas y humedad relativamente alta) esto provocó que la densidad poblacional de *R. solanacearum* en el suelo (ufc/g suelo) creciera, afectando el número de plantas infectadas por tratamiento.

Figura 3.
Comportamiento de la enfermedad con base al porcentaje de incidencia de los porta injertos evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.



Se realizó con base a los valores obtenidos mediante el porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana de los porta injertos en estudio, una estandarización de los valores con la finalidad de establecer el grado de incidencia de cada porta injerto en una escala comprendida del 1 al 10 las cuales se presentan en el cuadro 7; entendiéndose como los porta injertos con mayor incidencia a aquellos que presenten los valores más altos y viceversa.

Cuadro 7.
Estandarización del porcentaje de incidencia a *R. solanacearum*,
sobre los cultivares de tomate evaluados
en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamiento	Grado de tolerancia según % de la incidencia
Shelter RZ	3.7
Endurance	4.3
XR 500	6.7

El grado de incidencia es el número de plantas que fueron infectas por marchitez bacteriana durante el ciclo de producción, los porta injertos que posee el menor grado de incidencia resultado de su tolerancia a marchitez bacteriana, es Shelter RZ (porta injerto utilizado por los agricultores) con un grado de 3.7, seguido por el porta injerto Endurance con 4.3 y en último lugar el porta injerto XR 500 con un grado de incidencia de 6.7 respectivamente.

Los tres tratamientos evaluados finalizaron sus etapas fisiológicas y llegaron a cosecha, esto correlacionado con lo dicho por Agrios 1995, que la única opción para el control o convivencia con marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* es el uso de genética tolerante o resistente ante este patógeno.

7.1.2 Severidad

Para el análisis de la enfermedad de los diferentes porta injertos, se utilizó el modelo de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), recopilando los datos durante el ciclo de producción de los porta injertos, se realizó de acuerdo a la escala de severidad de 0 a 4, dependiendo de la severidad se colocaba la escala, para luego realizar un procedimiento de suma y resta entre los días de siembra que lleva la planta y el grado de severidad. Los datos usados para el análisis estadístico se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8.
Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, de los cultivares evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamientos	Repeticiones							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Shelter Rz	3038	2652	3584	1908	1427	0	0	476
Endurance	2346	2751	2803	2667	951	0	1581	4229
XR 500	4019	4787	5148	3046	3934	2378	1902	3808

Mediante el análisis de los modelos lineales generales y mixtos de los valores del área bajo la curva del progreso de la enfermedad del indicador severidad de la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) sobre los porta injertos de tomate, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados al cinco por ciento de significancia, por ende se rechaza la hipótesis anteriormente planteada, observada en el cuadro 9.

Cuadro 9.
Análisis de modelos lineales y mixtos para el indicador severidad de *R. Solanacearum* en unidades de AUDPC, sobre los cultivares evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	LogLik	Sigma	R2-0
24	262.62	269.65	-120.31	855.45	0.8

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	201.14	<0.0001
Tratamiento	2	11.64	0.0011
Repetición	7	4.68	0.0069

Pruebas de hipótesis tipo III – prueba

		numDF	denDF	F-value	p-value
1	Tratamiento	2	14	11.64	0.0011
2	Repetición	7	14	4.68	0.0069

De acuerdo a la escala de severidad de Rivas y Arteaga (2003), la presencia de epinastia en hojas (grado 1) se comenzó a observar a partir de los cincuenta y cinco días después del trasplante en las primeras plantas, para alcanzar la muerte de las plantas (grado 4) desde el primer síntoma hasta la muerte el tiempo transcurrido oscila entre 5 a 7 días. Tomando como base de valoración el intervalo de tiempo después de siembra sobre el cual ocurrieron los primeros síntomas y el intervalo de tiempo necesario para el cambio de sintomatologías, se obtuvieron los valores a través del AUDPC para el parámetro severidad.

Ya que existe diferencia significativa entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación de medias de LSD Fisher efectuada al noventa y cinco por ciento de significancia, mostradas en el cuadro 10. Todos los tratamientos llegaron a tener muerte de plantas (grado 4).

Cuadro 10.
 Prueba de comparación de medias de LSD Fisher,
 para el indicador de severidad de *R. solanacearum* sobre los cultivares
 evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamiento	Medias	E.E.	Grupo LSD Fisher
XR 500	3627.75	302.45	A
Endurance	2166.00	302.45	B
Shelter Rz	1635.63	302.45	B

Cuadro 11.
Estandarización de unidades del AUDPC del indicador severidad de *R. solanacearum* sobre los cultivares evaluados en el municipio de Camotán Chiquimula, 2016.

Tratamiento	Grado de tolerancia según AUDPC de la severidad
Shelter RZ	2.2
Endurance	3.4
XR 500	4.3

El porta injerto Shelter Rz (porta injerto utilizados por los agricultores) posee un grado de severidad de 2.2, seguido por el porta injerto Endurance de 3.4 y por último el porta injerto XR 500 con un grado de severidad de 4.3 respectivamente. La severidad va relacionada con la tolerancia a marchitez bacteriana porque los tratamientos que poseen mayor tolerancia a marchitez bacteriana poseen también menor grado de severidad de la enfermedad.

7.2 Rendimiento

Los datos obtenidos para esta variable, es una suma de toda la cosecha de tomate que se obtuvo por tratamiento. En el cuadro 12 se muestran los rendimientos utilizados para el análisis de modelos generales lineales y mixtos ya transformados en Kg/ha.

Cuadro 12.
Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, de los cultivares evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamientos	Repeticiones							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Shelter Rz	113885	119023	120707	158093	297138	245667	226220	215900
Endurance	147800	130806	144538	139355	274459	250982	242920	180994
XR 500	102102	114638	114727	152067	344314	336429	292089	263916

Cuadro 13.
Análisis de modelos lineales y mixtos para el indicador severidad de *R. Solanacearum* en unidades de AUDPC, sobre los cultivares evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	LogLik	Sigma	R2-0
24	361.05	368.08	-169.53	28763.76	0.92

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

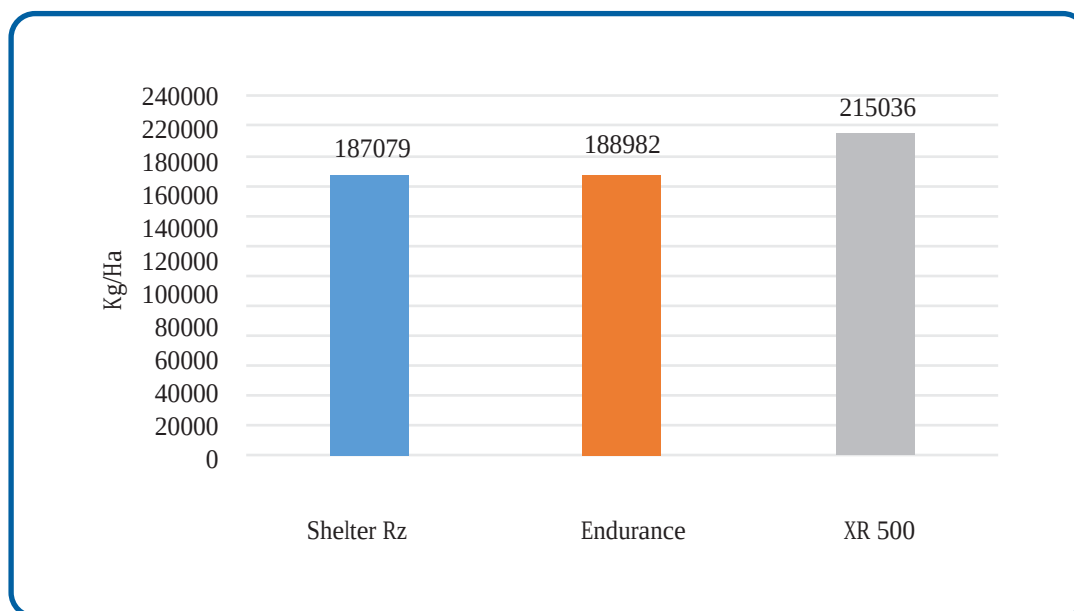
	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1126.15	<0.0001
Tratamiento	2	2.36	0.1309
Repetición	7	21.04	<0.0001

Pruebas de hipótesis tipo III – prueba

		numDF	denDF	F-value	p-value
1	Tratamiento	2	14	2.36	0.1309
2	Repetición	7	14	21.04	<0.0001

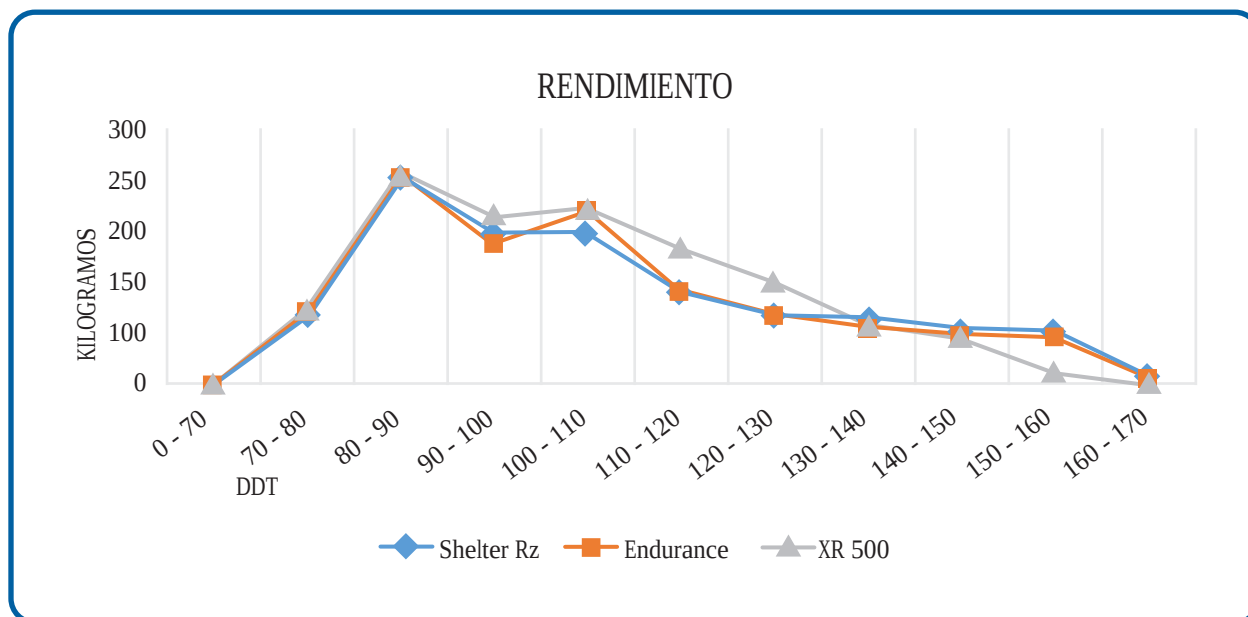
En la figura 4, se observa las medias de rendimiento; determinando que el porta injerto XR 500 con 215,035 Kg/ha es el de mayor rendimiento, seguido del porta injerto Endurance con 188,982 Kg/ha y el de menor rendimiento fue el porta injerto Shelter RZ (porta injerto utilizados por agricultores) un valor promedio de 187,079 Kg/ha.

Figura 4.
Promedio del rendimiento de los cultivares
evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.



En la figura 5, se aprecia el comportamiento del rendimiento de los tratamientos evaluados a través del tiempo. Se puede observar que de los 80 a los 130 días después del trasplante el porta injerto XR 500 mostró en el ciclo de producción mayores rendimientos en comparación con los demás porta injertos, después de los 130 días después del trasplante su rendimiento disminuyó considerablemente debido a que fue el tratamiento más afectado por la incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana. Los porta injertos Shelter RZ y Endurance tuvieron rendimientos bastantes similares durante todo el ciclo de producción.

Figura 6.
Comportamiento del rendimiento a través del tiempo de los cultivares evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.



El porta injerto XR 500 fue el más afectado por la incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana. Aun así con su alta incidencia a la enfermedad el porta injerto XR 500 fue el que presentó mayor media de rendimiento de los tres cultivares evaluados.

Según Agrios (1999), el rendimiento de las plantas depende de la disponibilidad del agua y de los nutrientes del suelo donde se desarrollen, del manejo y de la resistencia o tolerancia que tengan contra el ataque de los patógenos. Esto quiere decir que el rendimiento de los cultivares va depender de la resistencia o tolerancia que tenga a las enfermedades, efecto que no se vio reflejado en los tratamientos porque estamos evaluando porta injertos.

En porta injertos, el rendimiento está bastante vinculado a que promueven el crecimiento vegetativo del injerto debido al más vigoroso sistema radical de los porta injertos, los cuales son a menudo capaces de absorber agua y nutrientes mucho más eficientemente que las plantas sin injertar (Colla et al. 2008).

No obstante según Schwarz et al. (2010), la promoción del crecimiento y rendimiento difieren aun entre los porta injertos, dependiendo de las características físicas (diámetro o grosor del tallo, sistema radicular) de los porta injerto y la capacidad para alterar la fisiología de los brotes del injerto.

El porta injerto XR 500 demostró buenas características físicas como buen sistema radicular (ver anexo 2) y la capacidad para alterar la fisiología de los brotes teniendo buen cuaje de frutos y más frutos por racimos, viéndose reflejado al final del ciclo de producción como el cultivar con mejor rendimiento.

7.2.1 Vida de anaquel y consistencia de frutos

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

Al realizarlo no se presentó variación en la vida de anaquel, esto se dio debido a que el cultivar injertado en todos los porta injertos 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 11 a 12 días, las temperaturas que se mantuvo el fruto oscilo entre los 19 oC y 28 oC, y la humedad la cual estuvo en un rango de 52% y 88%.

Cuadro 14.
Vida de anaquel y consistencia de fruto presentado por los cultivares evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tratamiento	Vida de anaquel (días despues del corte)	Consistencia de fruto
Shelter Rz	11	Firme
Endurance	11	Firme
XR 500	12	Firme

7.3 Relación beneficio costo

Con el propósito de identificar los tratamientos con mayor beneficio económico y facilitar la toma de decisión relacionada con la selección de los cultivares evaluadas, se determinó la relación beneficio costo de cada uno de los tratamientos (cuadro 15). El porta injerto XR 500 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 61 centavos de quetzal.

Cuadro 15.
Relación beneficio/costo por hectárea de los cultivos evaluados de tomate,
producido bajo condiciones protegidas de casa malla,
en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Ingresos/Ha	Shelter RZ	Endurance	XR 500
Rendimiento Cajas/Ha	12472	12552	14353
Rendimiento ajustado (10%)	11224	11297	12918
Precio Promedio	Q60.00	Q60.00	Q60.00
Ingreso total/Ha	Q673,440.00	Q677,820.00	Q775,080.00
Costos/Ha	Shelter RZ	Endurance	XR 500
Pilón	Q66,406.25	Q72,656.25	Q80,468.00
Cosecha (mano de obra)	Q18,540.00	Q18,660.00	Q21,360.00
Clasificación frutos (mano de obra)	Q5,820.00	Q5,880.00	Q6,720.00
Total de costos variables	Q90,766.25	Q97,196.25	Q108,548.00
Costos fijos	Q312,184.30	Q312,451.20	Q318,448.00
Total	Q402,950.55	Q409,647.45	Q426,996.00
Imprevistos (5%)	Q20,147.53	Q20,482.37	Q21,349.80
Intereses (1.5%)	Q30,221.29	Q30,723.56	Q32,024.70
Costo Total/Ha	Q453,319.37	Q460,853.38	Q480,370.50
Análisis Financiero	Shelter RZ	Endurance	XR 500
Ingresos	Q673,440.00	Q677,820.00	Q775,080.00
Utilidad Bruta	Q582,673.75	Q580,623.75	Q666,532.00
Utilidad Neta	Q220,120.63	Q216,966.62	Q294,709.50
Relación Beneficio/costo	1.49	1.47	1.61

Los porta injertos Shelter RZ (porta injerto utilizado por los agricultores) y Endurance también presentaron buena relación beneficio/costo con 49 y 47 centavos de quetzal de ganancia por cada quetzal invertido; a pesar que el porta injerto XR 500 presento mayor incidencia a marchitez bacteriana, tuvo mejor beneficio económico de 61 centavos de quetzal de ganancia por cada quetzal invertido, por el mayor rendimiento que presento durante los primeros meses de ciclo de producción.

7.4 Análisis de riesgo de la inversión

En el siguiente análisis se tomó en cuenta importantes aspectos en la selección de un tratamiento, debido a que se toman como referencia los resultados de las variables de tolerancia, rendimiento, relación beneficio costo. Tomando en cuenta su relación beneficio/costo, tolerancia y rendimiento ninguno de los tratamientos presenta un riesgo económico, como se puede observar en el cuadros 16.

Cuadro 16.
Priorización de resultados de los cultivares evaluados de tomate,
para las variables tolerancia, rendimiento y beneficio económico obtenidos
en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.

Tolerancia		Rendimiento		Beneficio Económico	
Tratamientos	Grado de tolerancia	Tratamientos	kG/Ha	Tratamientos	Beneficio /costo
XR 500	5.5	XR 500	215035.84	XR 500	1.61
Shelter RZ	2.7	Shelter RZ	188982.29	Shelter RZ	1.49
Endurance	3.2	Endurance	187079.42	Endurance	1.47

El cuadro 16 se aprecia que ninguno de los tratamientos tuvo riesgo económico. Esto permite tomar una decisión sobre cualquiera de los cultivares evaluados, mostrando mejor relación beneficio/costo el porta injerto XR 500.

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fase/Actividad	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Fase 1 Establecimiento									
1.1 Ubicación sitio									
1.2 Selección cultivos a evaluar									
1.3 Muestreo y análisis de suelo									
1.4 Preparación de suelo									
1.5 Construcción infraestructura									
1.6 Trasplante									
Fase 2: Desarrollo									
2.1 Plan fitosanitario									
2.2 Plan nutricional									
2.3 Tutorio									
2.4 Podas									
2.4 Riegos									
2.5 Limpias									
2.6 Toma de datos de campo									
2.7 Días de campo									
2.8 Cosecha									
Fase 3: Análisis e Interpretación									
3.1 Tabular y consolidar información									
3.2 Análisis e interpretación									
3.3 Elaboración de informe									
3.4 Presentación de resultados									
3.5 Elaboración de documento final									

9. CONCLUSIONES

- Los tres porta injertos evaluados presentaron tolerancia a esta marchitez bacteriana debido a que llegaron a su fase de cosecha. Se determino que los porta injertos Shelter RZ y Endurace poseen mayor tolerancia a marchitez bacteriana, Shelter Rz el porta injerto utilizado por los agricultores tiene el mejor grado de tolerancia de 2.7, seguido por el porta injerto Endurance con un grado de tolerancia de 3.2 y el porta injerto que presento un grado de tolerancia minima fue XR 500 con 5.5, respectivamente.
- En el rendimiento no existe diferencia entre los cultivares evaluados, esto debido a que los valores obtenidos de tolerancia a la enfermedad marchitez bacteriana fue bastante similar entre los porta injertos Shelter RZ y Endurance, provocando la misma cantidad de plantas muertas para los dos porta injertos mencionados, en cuanto al porta injerto XR 500 fue el que tuvo mayor rendimiento, aun cuando fue el que presento mayor plantas muertas, mostrando un mayor rendimiento durante los 80 a 130 dias despues del trasplante. El porta injerto XR 500 tuvo una media de 215,035 Kg/Ha; seguido por el porta injerto Endurance con una media de 188,982 Kg/Ha y luego el porta injerto Shelter RZ con una media de 187,079 Kg/Ha.
- En el analisis financiero se determino que el porta injerto XR 500 posee una mayor relación beneficio/costo de 1.61, lo que indica que por cada quetzal invertido, se ganará 61 centavos; los demás porta injertos presentaron una relación beneficio/costo menor en relación al XR 500, pues Shelter RZ presento un B/C de 1.49 y Endurance con 1.47, lo que indica que por cada quetzal invertido, se ganará 49 y 47 centavos, respectivamente.

10. RECOMENDACIONES

- Los productores que presentan suelos con problemas de *R. solanacearum*, utilizar los porta injertos Shelter RZ o Endurance ya que poseen tolerancia a *R. solanacearum* siendo ideales para realizar producción de tomate, debido a que en esta investigación presentaron rendimientos de 188,982 Kg/Ha y 187,079 Kg/Ha, un grado de 2.7 y 3.2 de tolerancia a la enfermedad y una relación beneficio/costo de 1.49 y 1.47, respectivamente.
- Conocer las condiciones edafoclimáticas del lugar para evitar condiciones favorables al crecimiento poblacional (ufc/g suelo) de la bacteria *R. solanacearum*, como exceso de lluvia, encharcamiento en suelo, alta humedad relativa y temperaturas variables, debido a que provoca la marchitez bacteriana en las plantas de tomate.
- En el manejo del sistema de producción de tomate es necesario tener un mayor control y cuidado sobre las labores culturales (Tutorado, podas, bajado de plantas), desinfección de herramientas y manos del personal para minimizar la probabilidad de contaminación de las plantas. Además es conveniente tener un control adecuado sobre las frecuencias de riego, para no tener encharcamiento y alta humedad en el suelo, evitando las condiciones edafoclimáticas favorables al crecimiento poblacional en el suelo de la bacteria o que empiecen a salir raíces adventicias en el injerto siendo más fácil la contaminación del cultivo, ya que el mismo es susceptible a *R. solanacearum*.
- Es conveniente que el empalme entre el porta injerto y el injerto sea entre 5 a 7 cm de altura arriba del suelo, esto para evitar cualquier contacto con el suelo que pueda contaminar el injerto susceptible al patógeno *Ralstonia solanacearum* causando la marchitez de la planta, así mismo evitaría que las raíces adventicias que genere el injerto entre en contacto con el suelo infectado.

11. PRESUPUESTO

	DESCRIPCIÓN	MONTO	Monto	Monto	Saldo
Código	Nombre	Programado	Ejecutado	Disponible	
Monto Total del Proyecto			Q101,035		
400 VIAJES OFICIALES					
407	Viáticos Nacionales	11,880.00		11,880.00	89,155.00
409	Transporte Nacionales	1,000.00		1,000.00	88,155.00
411	Otros Gastos de Viajes Nacionales			0.00	88,155.00
500 DOCUMENTOS Y MATERIALES E INSUMOS					
501	Publicaciones	1,600.00		1,600.00	86,555.00
503	Reproducción de Documentos Impresos y Electrónicos			0.00	86,555.00
505	Material e Insumos			0.00	86,555.00
509	Materiales para proyecto	20,500.00	0.00	20,500.00	66,055.00
511	Adquisición de Libros Otras Publicaciones			0.00	66,055.00
513	Información Especializada			0.00	66,055.00
515	Servicios de Edición, Traducción e Interpretación			0.00	66,055.00
400 VIAJES OFICIALES					
611	Equipo y Mobiliario	2,800.00		2,800.00	63,255.00
400 VIAJES OFICIALES					
701				0.00	63,255.00
703	Telecomunicaciones y Enlaces de Internet			0.00	63,255.00
709	Combustibles	5,400.00		5,400.00	57,855.00
711	Mensajería y Mobilización Local			0.00	57,855.00

JORNALES					
	Jornales (Mano de Obra)	8,351.00		8,351.00	49,504.00
INCENTIVOS					
	Investigador Principal	29,358.00		29,358.00	20,146.00
	Investigador Asociado	0.00		0.00	0.00
	Investigador Auxiliar	16,146.00		16,146.00	4,000.00
OTROS					
	Análisis de laboratorio	2,000.00		2,000.00	2,000.00
307	Alimentación día campo	2,000.00		2,000.00	0.00
	TOTAL	101,035.00	0.00	101,035.00	0.00

Desglose de presupuesto

Desglose de Insumos

Descripción	Localidad	Cantidad	Costo	Total
Pesticidas	1		6000	6000
Fertilizante	1		4000	4000
Bomba para Aspersión	1		700	700
Pilón	1	680	5	340
Total				14100

Desglose de Materiales

Descripción	Localidad	Costo	Total
Plástico mulch	1	1000	1000
Balanza	1	400	400
Manguera riego	1	1500	1500
Rótulos para parcelas	1	350	350
Anillos	1	500	500
Ganchos	1	250	250
Pita rafia	1	500	1000
Cubetas plásticas	1	200	200
Total			5200

Viáticos

Actividad	Días	Meses	Almuerzo	Total
Supervisión a Proyecto de investigación	8	9	165	11880

Costos de la fase 1 Establecimiento

Fase/Actividad	Costo Total	Mes								
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
1.1 Ubicación sitio	0									
1.2 Selección cultivares a evaluar	3,400	3400								
1.3 Muestreo y análisis de suelo	400	400								
1.4 Preparación de área	6,369	6368.7								
1.6 Trasplante	164	163.74								
1.7 Combustible	1,200	600	600							
1.7 Incentivos	6,376	6376								
Total	17,908	17,308	0							

Costos de la fase 2 Desarrollo

Fase/Actividad	Costo Total	Mes								
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2.1 Plan fitosanitario	10,737	6081.87	4081.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87
2.2 Plan nutricional	4,737	4081.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87
2.3 Tutorio	1,310		163.74	163.74	163.74	163.74	163.74	163.74	163.74	163.74
2.4 Podas	1,310		163.74	163.74	163.74	163.74	163.74	163.74	163.74	163.74
2.4 Podas	655		81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87
2.5 Limpias	655		81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87	81.87
2.6 Toma de datos de campo	1,600					1200			400	
2.7 Dias de campo	3,350		350				3000			
2.8 Cosecha	1,965				327.48	327.48	327.48	327.48	327.48	327.48
2.9 Combustible	4,200			600	600	600	600	600	600	600
3.0 Incentivos	44,632		6376	6376	6376	6376	6376	6376	6376	
Total	75,150	10,164	11,381	7,631	7,958	9,158	10,958	7,958	8,358	1,582

Costos de la fase 3 Analisis e interpretación de resultados

Fase/Actividad	Costo Total	Mes								
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
3.1 Tabular y consolidar información	0									
3.2 Análisis e interpretación	0									
3.3 Elaboración de informe	0									
3.4 Presentación de resultados	800									800
3.5 Elaboración de documento final	800									800
3.6 Incentivos	6,376									6,376
Total	7,976	0	0	0	0	0	0	0	0	7,976

101,035

Resumen Costo por Fase

Fase/Actividad	Total Q	Nov Q	Dic Q	Ene Q	Feb Q	Mar Q	Abr Q	May Q	Jun Q	Jul Q
Fase 1: Establecimiento	17,908	17,308	0	0	0	0	0	0	0	0
Fase 2: Desarrollo	75,150	10,164	11,381	7,631	7,958	9,158	10,958	7,958	8,358	1,582
Fase 3: Analisis e interpretacion de resultados	7,976	0	0	0	0	0	0	0	0	7,976
Total	101,035	27,472	11,381	7,631	7,958	9,158	10,958	7,958	8,358	9,558

12. BIBLIOGRAFÍAS

- Agrios, GN. 1999. Fitopatología. 2 ed. México, Editorial Limusa. 139 p.
- Aristondo Martínez, WJ. 2015. Evaluación de la tolerancia a marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, de dos porta injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2014 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 25. Consultado 11 oct. 2016. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2872/1/19%20A%20TG-2455-1875.pdf>
- Arteaga Chávez NA; Avendaño Sevillano DC. 2004. Manejo de marchitez bacteriana del tomate (*Burkholderia solanacearum*), con ocho tratamiento a nivel de invernadero (en línea). Tesis Lic. San Salvador, El Salvador, UES, Facultad de Ciencias Agronómicas. p. 17. Consultado 2 jun. 2017. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/1610/1/13100192.pdf>
- Barillas Morales, WA. 2013. Evaluación agronómica de cuatro híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tolerantes a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, bajo condiciones protegidas de macro túnel, en el municipio de Camotán, Chiquimula. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 4-6
- Becerra V, V; Paredes C, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética (en línea). Agricultura Técnica 60(3):271-280. Consultado 30 may. 2017. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072000000300007
- Bolaños Herrera, A. 2001. Introducción a la olecricultura. San José, Costa Rica, UNED. p. 68. Consultado 29 may. 2017. Disponible en https://books.google.com.gt/books?id=vBS_GwlrE1MC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- 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.

- Chavarría, S. 2004. Evaluación de cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en relación al complejo mosca blanca-geminivirus bajo infecciones naturales en la zona del pacífico de Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua UNAGRO. P. 3-4.
- Colla, G; Roupael, Y; Cardarelli, M; Temperini, O; Rea, E; Salerno, A; Pierandrei, F. 2008. Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under greenhouse conditions (en línea). Acta Horticulturae 782:359-363. Consultado 16 jun. 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/270568384_Influence_of_grafting_on_yield_and_fruit_quality_of_pepper_Capsicum_annuum_L_grown_under_greenhouse_conditions
- Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo del tomate (en línea). San Salvador, El Salvador, Fintrac IDEA; Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. p. 10. Consultado 14 sep. 2016. Disponible en <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Mancultomelsal.pdf>
- Depestre, T; Gómez, O. 1999. Mejoramiento de tomate y chile pimiento. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Presentado en Curso de mejoramiento de hortalizas (1999, Guatemala). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 6-36.
- Giaconi, MV; Escaff, GM. 2004. Cultivo de hortalizas. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. 342 p.
- INFOAGRO (Información Agrícola). s.l. El cultivo del tomate (en línea, sitio web). Bogota, Colombia, Infoagro Systems S.L. Consultado 30 sep. 2016. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
- Izaguirre De León, LF. 2008. Epidemiología de la marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. en el oriente de Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 82 p. Consultado 30 sep. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2388.pdf
- Kelman, A. 1983. The relationship of pathogenicity in the *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium (en línea). Phytopathology 44(19):20. Consultado 20 sep. 2016. Disponible en <http://garfield.library.upenn.edu/classics1983/A1983QM45400001.pdf>

- Lemus Carrillo, A. 2012. Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de fruto de seis híbridos de tomate tolerantes a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), en aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa (en línea). Tesis Lic. Jutiapa, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. p. 16. Consultado 28 sep. 2016. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/03/Lemus-Arturo.pdf>
- Loarca Marroquin, JL. 1987. Estudio del patosistema *Solanum-Pseudomonas* y alternativas de control químico aplicado a semilla, en dos municipios del departamento de Quetzaltenango (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 64. Consultado 11 nov. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1050.pdf
- Mejía, L. 2003. Resistencia genética para la producción sostenible del tomate: producción de híbridos tolerantes a virosis transmitida por mosca blanca y su evaluación agronómica y molecular: informe final; proyecto FODECYT11-00 (en línea). Guatemala, CONCYT; USAC; SENACYT. p. 6. Consultado 30 ago. 2016. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202000.11.pdf>
- Melgar, JC; Rivera C, JM; Brown, J; Weller, S. 2012. Marchitez bacteriana en solanáceas su reconocimiento y su manejo integrado (en línea). Honduras, FHIA. p. 19. Consultado 27 ago. 2016. Disponible en www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/manual_marchitez.pdf.
- Pérez López, RCR. 2015. 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 de casa malla, en el municipio de Ipala, Chiquimula, 2014 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 30. Consultado 17 oct. 2016. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/Resistencia_Ralstonia_solanacearum.pdf
- Poehlman JM; Sleper, DA. 1995. Breeding field crops (en línea). United States of America, Iowa State University Press. p 403. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en [http://gtu.ge/Agro-Lib/\[John_Milton_Poehlman,_David_Sleper\]_Breeding_Fiel\(BookZZ.or.pdf](http://gtu.ge/Agro-Lib/[John_Milton_Poehlman,_David_Sleper]_Breeding_Fiel(BookZZ.or.pdf)

- Rodríguez Martínez, DJ. 2007. Determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, asociados a la marchitez bacteriana, en los cultivos de tomate *Solanum lycopersicon* L. y chile pimiento *Capsicum annuum* L. en el oriente de Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, IIA. 87 p. Consultado 26 sep. 2016. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02596.pdf>
- Sánchez, A; Mejía, L; Allen C. 2006. Estudio filogenético y de distribución de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en Guatemala. *Tikalía* 24(1):17-33.
- Schwarz, D; Rouphael, Y; Colla, C; Venema; JH. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants (en línea). *Scientia Horticulturae* 127(2010): 162-171. Consultado 16 jun. 2017. Disponible en https://www.rug.nl/research/plantecophysiology/publications/_pdf/sci_hort_2010_schwarz_venema_et_al.pdf

13. ANEXO

Anexo 1.

Área experimental donde se llevó a cabo la evaluación de los cultivares tolerantes a *R. solanacearum* E.F. Smith, ubicada en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2016.



Anexo 2.

Pilones de cada uno de los cultivares evaluados.



Anexo 3.

Trasplante de los pilones para cada uno de los cultivares evaluados.



Anexo 4.

Plantación de los cultivares evaluados, 20 días después de su trasplante.



Anexo 5.
Clasificación de la planta
según la escala de severidad de la marchitez bacteriana
causada por *R. solanacearum* en tomate.



1 = Presencia de epinastia en las hojas



2 = Pérdida de turgencia en las hojas



3 = Decaimiento generalizado (marchitez)



4 = Muerte de la planta

Anexo 6.

Plantación de los cultivares evaluados, 50 días después de su trasplante.



Anexo 7.

Presencia de epinastia en las hojas del cultivar XR 500 evaluado a los 55 días después del trasplante.



Anexo 8.

Perdida de turgencia en las hojas del cultivar XR 500
evaluado a los 60 días después del trasplante.



Anexo 9.

Marchitez generalizada del cultivar XR 500
evaluado a los 60 días después del trasplante.



Anexo 10.
Plantas muertas del cultivar XR 500
evaluado a los 70 días después del trasplante.



Anexo 11.
Plantas muertas del cultivar Endurance
evaluado a los 85 días después del trasplante.



Anexo 12.

Plantas muertas del cultivar Shelter RZ
evaluado a los 85 días después del trasplante.



Anexo 13.

Parte del área experimental donde afecto considerablemente
la marchitez bacteriana, evaluado a los 110 días después del trasplante.



Anexo 14.

Parte del área experimental donde no afectó la marchitez bacteriana, evaluado a los 110 días después del trasplante.



Anexo 15.

Prueba de flujo bacteriano, realizado en plantas con presencia de marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum*.



Anexo 16.

Pesaje del tomate cosechado a cada cultivar evaluado.



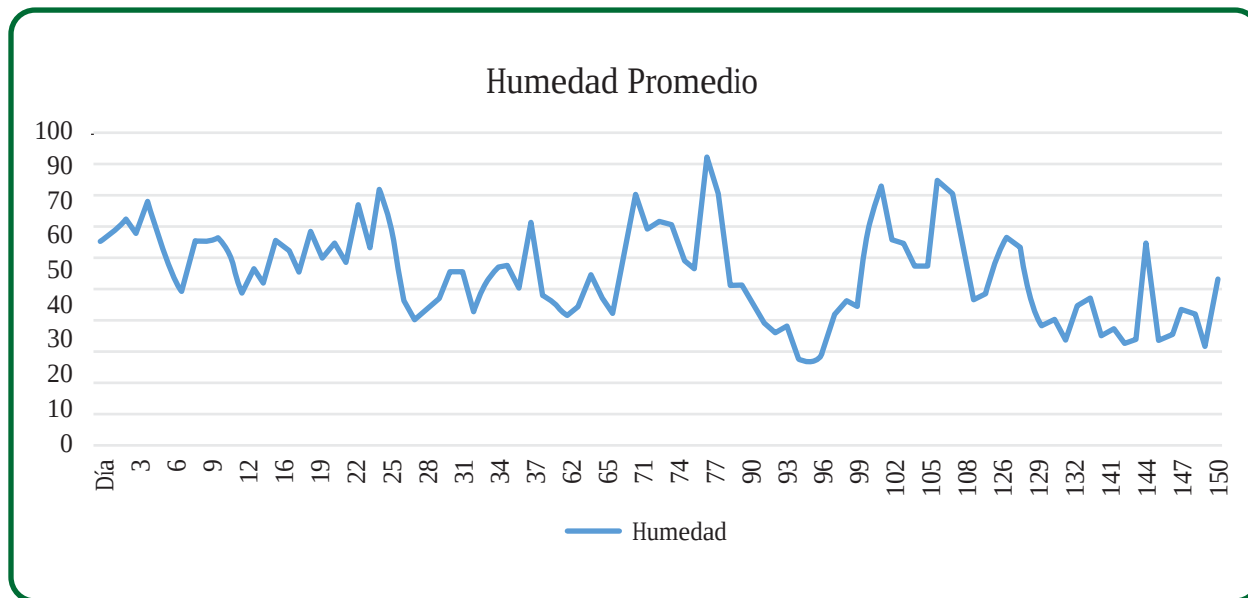
Anexo 17.

Tomates cosechados de los cultivares evaluados



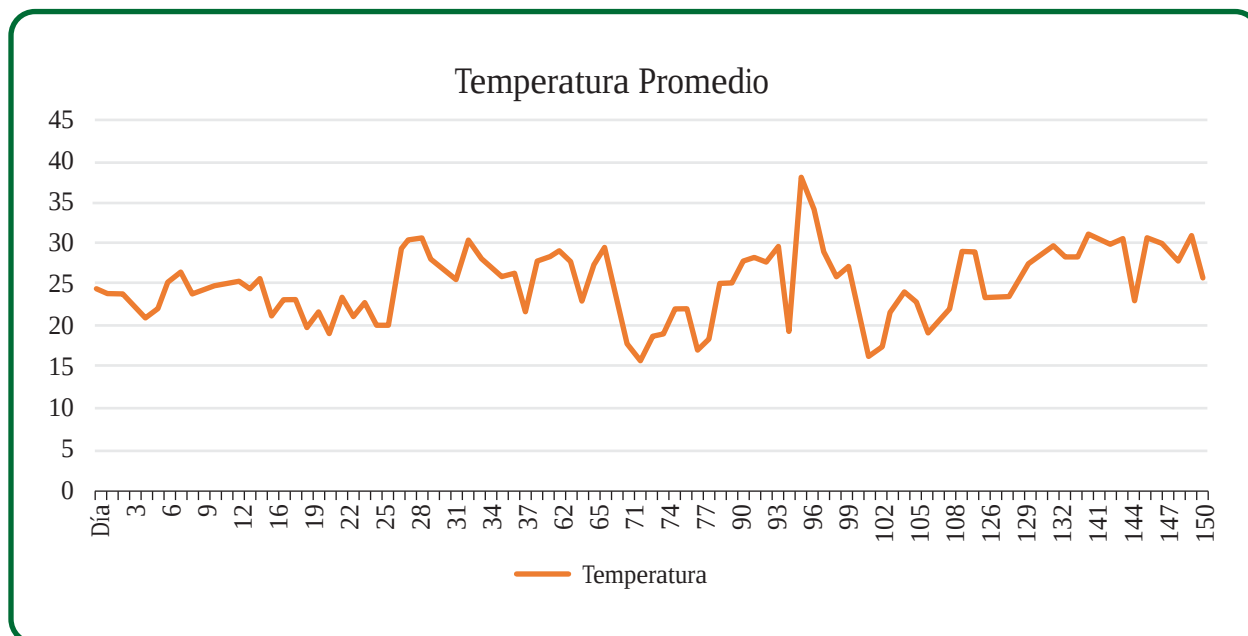
Anexo 18.

Humedad relativa promedio presentada en el área experimental, durante el ciclo productivo de los cultivares evaluados.



Anexo 19.

Humedad relativa promedio presentada en el área experimental, durante el ciclo productivo de los cultivares evaluados.



Anexo 20.
Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo
del porta injertos Shelter RZ, según su presupuesto parcial.

EGRESOS - 1 CICLO	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub Total	Total
1. RENTA (valor de la tierra)					Q52,000.00
Arrendamiento	1	Ha	Q2,000.00	Q2,000.00	
Estructura de casa malla	1		Q50,000.00	Q50,000.00	
2. MECANIZACIÓN					Q4,000.00
Preparación del terreno				Q4,000.00	
3. MANO DE OBRA					Q70,200.00
Trazada y ahoyado	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Siembra	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Re-siembra	10	jornales	Q60.00	Q600.00	
Control de plagas y enfermedades	102	jornales	Q60.00	Q6,120.00	
Tutorado (Ganchos con pita)	567	jornales	Q60.00	Q34,020.00	
Control de malezas	45	jornales	Q60.00	Q2,700.00	
Cosecha	309	jornales	Q60.00	Q18,540.00	
Clasificación de frutos	97	jornales	Q60.00	Q5,820.00	
4. INSUMOS					Q227,218.55
Ganchos	31700	Ganchos	Q0.33	Q10,461.00	
Mulch (acolchado)	7	rollos	Q500.00	Q3,500.00	
Cinta porta goteros	4	rollos	Q776.00	Q3,104.00	
Pilón	15625	pilón	Q4.25	Q66,406.25	
Anillos	10	cajas	Q731.00	Q7,310.00	

Fertilizantes hidrosolubles	3348	kilos	Q24.60	Q82,360.80	
Bacterias	125	litros	Q46.00	Q5,750.00	
Insecticidas	55	litro/kilo	Q382.00	Q21,010.00	
Fungicidas	60	litro/kilo	Q270.00	Q16,200.00	
Herbicidas	15	litro	Q125.10	Q1,876.50	
Pita	192	rollos	Q45.00	Q8,640.00	
Estacas	600	estacas	Q1.00	Q600.00	
5. SERVICIOS					Q49,532.50
Mantenimiento sistema de riego				Q8,000.00	
Transporte de producto	11225	cajas	Q3.70	Q41,532.50	
TOTAL					Q402,951.05
Imprevistos (5%)					Q20,147.55
Intereses (1.5%)					Q30,221.33
TOTAL EGRESOS					Q453,319.93

Anexo 21.
Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo
del porta injertos Endurance, según su presupuesto parcial.

EGRESOS - 1 CICLO	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub Total	Total
1. RENTA (valor de la tierra)					Q52,000.00
Arrendamiento	1	Ha	Q2,000.00	Q2,000.00	
Estructura de casa malla	1		Q50,000.00	Q50,000.00	
2. MECANIZACIÓN					Q4,000.00
Preparación del terreno				Q4,000.00	
3. MANO DE OBRA					Q70,380.00
Trazada y ahoyado	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Siembra	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Re-siembra	10	jornales	Q60.00	Q600.00	
Control de plagas y enfermedades	102	jornales	Q60.00	Q6,120.00	
Tutorado (Ganchos con pita)	567	jornales	Q60.00	Q34,020.00	
Control de malezas	45	jornales	Q60.00	Q2,700.00	
Cosecha	311	jornales	Q60.00	Q18,660.00	
Clasificación de frutos	98	jornales	Q60.00	Q5,880.00	
4. INSUMOS					Q233,468.55
Ganchos	31700	Ganchos	Q0.33	Q10,461.00	
Mulch (acolchado)	7	rollos	Q500.00	Q3,500.00	
Cinta porta goteros	4	rollos	Q776.00	Q3,104.00	
Pilón	15625	pilón	Q4.65	Q72,656.25	
Anillos	10	cajas	Q731.00	Q7,310.00	

Fertilizantes hidrosolubles	3348	kilos	Q24.60	Q82,360.80	
Bacterias	125	litros	Q46.00	Q5,750.00	
Insecticidas	55	litro/kilo	Q382.00	Q21,010.00	
Fungicidas	60	litro/kilo	Q270.00	Q16,200.00	
Herbicidas	15	litro	Q125.10	Q1,876.50	
Pita	192	rollos	Q45.00	Q8,640.00	
Estacas	600	estacas	Q1.00	Q600.00	
5. SERVICIOS					Q49,798.90
Mantenimiento sistema de riego				Q8,000.00	
Transporte de producto	11297	cajas	Q3.70	Q41,798.90	
TOTAL					Q409,647.45
Imprevistos (5%)					Q20,482.37
Intereses (1.5%)					Q30,723.56
TOTAL EGRESOS					Q460,853.38

Anexo 22.
Costo de producción por hectárea de un ciclo productivo
del porta injertos XR 500, según su presupuesto parcial.

EGRESOS - 1 CICLO	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub Total	Total
1. RENTA (valor de la tierra)					Q52,000.00
Arrendamiento	1	Ha	Q2,000.00	Q2,000.00	
Estructura de casa malla	1		Q50,000.00	Q50,000.00	
2. MECANIZACIÓN					Q4,000.00
Preparación del terreno				Q4,000.00	
3. MANO DE OBRA					Q73,920.00
Trazada y ahoyado	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Siembra	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Re-siembra	10	jornales	Q60.00	Q600.00	
Control de plagas y enfermedades	102	jornales	Q60.00	Q6,120.00	
Tutorado (Ganchos con pita)	567	jornales	Q60.00	Q34,020.00	
Control de malezas	45	jornales	Q60.00	Q2,700.00	
Cosecha	356	jornales	Q60.00	Q21,360.00	
Clasificación de frutos	112	jornales	Q60.00	Q6,720.00	
4. INSUMOS					Q241,281.05
Ganchos	31700	Ganchos	Q0.33	Q10,461.00	
Mulch (acolchado)	7	rollos	Q500.00	Q3,500.00	
Cinta porta goteros	4	rollos	Q776.00	Q3,104.00	
Pilón	15625	pilón	Q5.15	Q80,468.75	
Anillos	10	cajas	Q731.00	Q7,310.00	

Fertilizantes hidrosolubles	3348	kilos	Q24.60	Q82,360.80	
Bacterias	125	litros	Q46.00	Q5,750.00	
Insecticidas	55	litro/kilo	Q382.00	Q21,010.00	
Fungicidas	60	litro/kilo	Q270.00	Q16,200.00	
Herbicidas	15	litro	Q125.10	Q1,876.50	
Pita	192	rollos	Q45.00	Q8,640.00	
Estacas	600	estacas	Q1.00	Q600.00	
5. SERVICIOS					Q55,796.60
Mantenimiento sistema de riego				Q8,000.00	
Transporte de producto	12918	cajas	Q3.70	Q47,796.60	
TOTAL					Q426,997.65
Imprevistos (5%)					Q21,349.88
Intereses (1.5%)					Q32,024.82
TOTAL EGRESOS					Q480,372.36

Anexo 23.

Análisis bacteriológico del suelo previo a establecimiento del cultivo en el área experimental.



Empresa IICA-CRIA
 Atención a Ing. Edgar García, Ing. Godofredo Ayala
 Asunto Reporte de análisis de Bacteriología
 Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
 Código 3321116
 Cultivo Tomate
 Localidad Chiquimula
 Fecha colecta 11 de Noviembre del 2016
 Fecha recepción 15 de Noviembre del 2016
 Fecha del informe 21 de Noviembre del 2016

Muestras de suelo

No.	Código	Localidad
1	Muestra 1	Ipala
2	Muestra 2	Ipala
3	Muestra 1	Finca la Nobleza, Camotán
4	Muestra 2	Finca la Nobleza, Camotán
5	Muestra 1	Finca CUNORI, Chiquimula
6	Muestra 2	Finca CUNORI, Chiquimula

Resultado análisis Bacteriología

Metodología: Dilución en placa (1×10^{-2} 10^{-3}). Medio de cultivo TZC

No. de muestra	UFC de bacterias/g	Patógenos reportados
1	1,000 UFC/g	<i>Ralstonia Solanacearum</i> .
2	<10 UFC/g	No hubo desarrollo de bacterias fitopatógenas
3	2,000 UFC/g	<i>Ralstonia Solanacearum</i> .
4	1,000 UFC/g	<i>Ralstonia Solanacearum</i> .
5	<10 UFC/g	No hubo desarrollo de bacterias fitopatógenas
6	<10 UFC/g	No hubo desarrollo de bacterias fitopatógenas

UFC/g: unidades formadoras de colonia por grano.

Diagonal 6, 15-47 Local 1 Zona 10, Guatemala, C. A. 01010
 Teléfono: (502) 2366-5941, (502) 5201-2104, FAX: (502) 2367-3454

Resultado análisis Inmunología. Enzyme-linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)

No. de muestra	<i>Ralstonia solanacearum</i>
1	POSITIVO
2	NEGATIVO
3	POSITIVO
4	POSITIVO
5	NEGATIVO
6	NEGATIVO

DIAGNÓSTICO

Se detectó la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en la muestras de suelo identificadas como: Muestra 1 Ipala, Muestra 1 Finca La Nobleza Camotán y Muestra 2 Finca La Nobleza Camotán.

Anexo 24.

Análisis bacteriológico vegetativo de los porta injertos evaluados.



Empresa	IICA-CRIA
Atención a	Ing. Edgar Garía, Ing. Godofredo Ayala Ruíz
Asunto	Reporte de análisis de Bacteriología
Realizado por	Dr. Marco Antonio Arévalo
Código	0590217
Cultivo	Tomate
Localidad	Finca La Nobleza, Camotán, Chiquimula
Fecha colecta	24 de Febrero del 2017
Fecha recepción	28 de Febrero del 2017
Fecha del informe	10 de Marzo del 2017

Resultados análisis Inmunología. Enzyme-linked Inmuno Sorbent Assay (ELISA) para identificación de la bacteria *Ralstonia solanacearum*

No.	Descripción Muestra	<i>Ralstonia solanacearum</i>
1	Tallos Tomate Shelter Rz (Porta-injerto)	POSITIVO
2	Tallos Tomate Endurance (Porta-injerto)	POSITIVO
3	Tallos Tomate XR-500 (Porta-injerto)	POSITIVO

DIAGNÓSTICO

En las tres muestras de tallos de tomate porta-injertos (Shleter RZ, endurande y XR 500) analizados se detectó la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

Anexo 25.

Análisis bacteriológico en suelo con planta infectada
y en suelo sin planta infectada en el área experimental.



Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Edgar Garía, Ing. Godofredo Ayala
Asunto Reporte de análisis de Bacteriología
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Código 05820317
Cultivo Tomate
Localidad Finca La Nobleza
Fecha colecta 18 de Marzo del 2017
Fecha recepción 00 de Marzo del 2017
Fecha del informe 28 de Marzo del 2017

Muestra de suelo

No. de muestra	Descripción de muestra
1	Suelo con planta infectada
2	Suelo sin planta infectada

Resultado análisis Bacteriología

Metodología: Dilución en placa (1×10^{-2} 10^{-3}). Medio de cultivo TZC

No. de muestra	UFC de bacterias/g	Patógenos reportados
1	3,100 UFC/g	<i>Ralstonia solanacearum</i> .
2	1,000 UFC/g	<i>Ralstonia solanacearum</i> .

UFC/g: unidades formadoras de colonia por grano.

Resultado análisis Inmunología. Enzyme-linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)

No. de muestra	<i>Ralstonia solanacearum</i>
1	POSITIVO
2	NEGATIVO

DIAGNÓSTICO

En las tds muestras de suelo analizadas se detectó la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

Diagonal 6, 15-47 Local 1 Zona 10, Guatemala, C. A. 01010
Teléfono: (502) 2366-5941, (502) 5201-2104, FAX: (502) 2367-3454