

CRIA Occidente

Cadena de Tomate

“Efectos del injerto en la tolerancia a enfermedades de *Solanum lycopersicum* L, bajo condiciones de invernadero en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos, Guatemala”



Mario de León Díaz
Jorge Juárez González
Henry Bravo de León

San Marcos, agosto de 2018



CRIA Occidente

Cadena de Tomate

“Efectos del injerto en la tolerancia a enfermedades de *Solanum lycopersicum* L, bajo condiciones de invernadero en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos, Guatemala”

Mario de León Díaz

Jorge Juárez González

Henry Bravo de León

San Marcos, agosto de 2018

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de sus autores y de la institución a la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	2
5.1. Anatomía de la planta.....	2
5.2. Fisiología de la planta.....	3
5.2.1. Cambium vascular.....	3
5.2.2. Xilema.....	3
5.2.3. Floema.....	3
5.3. Enfermedades en tomate.....	4
2.3.1. Bacterias.....	4
2.3.2. Virus.....	6
5.4. Situación de la tecnología dentro de los invernaderos.....	10
5.5. Injerto en tomate.....	12
5.6. Comportamiento de la producción con plantas injertadas.....	13
5.7. Problemática del uso de plántulas injertadas.....	13
5.8. Métodos de injertación.....	14
5.9. Propósito del injerto.....	15
5.10. Estimación de daños causados por enfermedades en plantas.....	16
3. Marco Referencial.....	17
3.1. Aldea San José Las Islas, municipio San Marcos.....	17
3.2. Aldea Cuya, municipio Tejutla.....	17
4. Objetivos.....	18
a. General.....	18
b. Específicos.....	18
5. Hipótesis.....	18
6. Metodología.....	19
6.1. Diseño experimental.....	19
6.2. Tratamientos.....	19
6.3. Descripción de los cultivares:.....	22
6.4. Tamaño de la unidad experimental.....	24
6.5. Modelo estadístico.....	24
6.6. Variables de respuesta.....	25
6.6.1. Tolerancia.....	25

6.6.2. Rendimiento:	27
6.6.3. Relación Beneficio Costo:	27
6.7. Análisis de la información.....	27
6.8. Manejo del experimento	28
7. Discusión de los resultados.....	31
7.1. Tolerancia	31
7.1.1. Incidencia.....	33
7.1.2. Severidad	47
7.2. Rendimiento.....	60
7.2.1. Relación Beneficio / Costo	64
7.5. Análisis de la inversión.....	65
8. Conclusiones.....	66
9. Recomendaciones	67
10. Bibliografía	68
11. Anexos	71

Lista de siglas y acrónimos

APA	Agencia de Protección Ambiental
AUDPC	Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad
CRIA	Consortio Regional de Investigación Agropecuaria
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos
DBA	Diseño de Bloques al Azar
IAOAS	Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible
IICA	Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MIP	Manejo Integrado de Plagas
TYLCV	Tomato Yellow Lerf Curl Virus / Virus del enrollamiento de la hoja amarilla del tomate.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	United States Department of Agriculture / Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
VMT_o	Virus Mosaic Tomato / Virus del Mosaico del Tomate

Efectos del injerto en la tolerancia a enfermedades de *Solanum lycopersicum* L, bajo condiciones de invernadero en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos, Guatemala.

Mario de León Díaz¹; Jorge Juárez Gonzalez²; Henry Bravo de León³

RESUMEN

Los efectos del injerto sobre la tolerancia a Marchitez bacteriana y virus TYLCV, enfermedades del cultivo de tomate, son causantes de la disminución en la producción nacional del cultivo bajo condiciones de invernadero.

Un suelo heterogéneo utiliza el diseño experimental de Bloques al azar, con un área de 140 m², se evaluaron 13 tratamientos combinando 2 genotipos entre 4 patrones, autoinjerto y material sin injertar como testigo. La tolerancia a enfermedades fue establecida mediante el Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, analizando la producción y un análisis de relación costo - beneficio.

El tratamiento 6 (Variedad híbrida Tabaré RZ injertado sobre Ipala F1) presentó tolerancia alta a marchitez bacteriana y tolerancia intermedia al virus TYLCV en comparación con el testigo, susceptible a estas dos enfermedades.

Teniendo materiales con tolerancia a enfermedades, con buen rendimiento y alta rentabilidad, se aceptan las hipótesis propuestas para este estudio, recomendando el tratamiento 6, para ser validado y adoptado para el occidente de Guatemala.

Palabras clave: Injerto, Tolerancia, Patometría, Fisiología vegetal, AUDPC.

ABSTRACT

The effects of the graft on tolerance to bacterial wilt and TYLCV virus, diseases of the tomato crop, are responsible for the decrease in the national production of the crop under greenhouse conditions.

A heterogeneous soil uses the experimental design of Blocks at random, with an area of 140 m², 13 treatments were evaluated by combining 2 genotypes among 4 patterns, autograft and ungrafted material as a control. Disease tolerance was established through the Area under the disease progress curve, analyzing the production and a cost - benefit analysis.

Treatment 6 (Hybrid Variety Tabaré RZ grafted on Ipala F1) showed high tolerance to bacterial wilt and intermediate tolerance to the TYLCV virus compared to the control, susceptible to these two diseases.

Having materials with tolerance to diseases, with good performance and high profitability, the hypotheses proposed for this study are accepted, recommending treatment 6, to be validated and adopted for western Guatemala

Key Words: Grafting, Tolerance, Patometry, Plant Physiology, AUDPC.

1. TPA, Investigador Auxiliar Carrera Ingeniero Agrónomo USAC CUSAM; e-mail: mariodeleondiaz@gmail.com
2. Ingeniero Agrónomo, Investigador Principal Carrera Ingeniero Agrónomo USAC CUSAM
3. Ingeniero Agrónomo, Investigador Adjunto Carrera Ingeniero Agrónomo USAC CUSAM

1. Introducción

El cultivo de tomate en Guatemala ha alcanzado avanzados niveles de tecnología, cultivándose durante todo el año, tanto en temporada húmeda como en temporada seca, lo anterior refleja la importancia del cultivo desde el punto de vista económico.

Este cultivo enfrenta una serie de dificultades para llegar a tener una buena producción y por consiguiente una buena rentabilidad, debido a problemas que afectan de forma directa o indirecta que inciden en el óptimo desarrollo fisiológico de la planta.

El ataque de patógenos como: *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, además del incremento en la incidencia de *Bemisia tabaci* vector principal de los virus: **TYLCV** y **ToCV**, afectan de manera directa el desarrollo fisiológico de la planta de tomate, teniendo que incurrir en prácticas para su control, haciendo uso de agroquímicos de manera indiscriminada, obteniendo como resultado únicamente la resistencia de estas plagas, aumentando su incidencia y severidad dentro de los cultivares.

Se realizó la evaluación de los efectos del injerto en la tolerancia a estas enfermedades utilizando dos materiales de tomate (*S. lycopersicum* L.) injertados sobre cuatro patrones en producción bajo condiciones de invernadero realizado en aldea San José Las Islas del municipio de San Marcos y Aldea Cuya del municipio de Tejutla, ambos del departamento de San Marcos.

Para encontrar prácticas alternativas de control de estas plagas empleando la característica de resistencia obtenida por el patrón y utilizada por una variedad con resistencia a virus.

La compatibilidad de los materiales vegetales evaluados en relación a la interacción entre estos mediante el proceso de injerto, analizados a través del crecimiento foliar, la estimulación de la vigorosidad de la planta y el crecimiento del grosor o diámetro del tallo, existiendo una relación entre el crecimiento y vigorosidad de la planta en relación a la tolerancia a enfermedades y aprovechamiento de nutrientes y agua.

Esta investigación genera información agronómica sobre los efectos del injerto en la tolerancia a Marchitez bacteriana provocada por *R. solanacearum* y el complejo geminivirus, virus **TYLCV**, transmitida por *B. tabaci* en el cultivo de tomate, bajo condiciones de invernadero.

2. Marco teórico

El cultivo de tomate es de origen sudamericano, principalmente de la región andina en América del Sur, entre Ecuador y Chile, pero fue en México donde se le domesticó para su consumo. El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Esta familia incluye otras especies de importancia agrícola como chile (*Capsicum spp.*), tomatillo o tomate de árbol (*Physalis ocarpa*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), berenjena (*Solanum melongena*) y papa (*Solanum tuberosum*). La clasificación taxonómica del tomate ha sido motivo de debate entre taxónomos. En 1753 Linnaeus lo clasificó como *Solanum lycopersicum*, 15 años después P. Miller lo renombra como *Lycopersicon esculentum* (Costa y Huevelink, 2005; Spooner et al., 1993); destacando diferencias como la unión y dehiscencia de las anteras con el género Solanum. En 1900 Karsten sugiere nombrarlo como *Lycopersicon lycopersicum* (Taylor, 1986). Recientemente los taxónomos han decidido nombrar a esta especie con el nombre científico inicial (Velasco, 2013).

5.1. Anatomía de la planta

El tomate (*S. lycopersicum*) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas. Su sistema radicular es potente, con una profunda raíz principal y numerosas raíces secundarias, además emite con gran facilidad raíces adventicias en el tallo cuando entra en contacto con el suelo. Su tallo es anguloso y cubierto de pelos glandulares. El hábito de crecimiento del cultivo de tomate puede ser determinado o indeterminado, las variedades de crecimiento determinado son las que una vez emitidos un número determinado de racimos florales, la planta emite un último racimo floral, dando por terminado el crecimiento de la planta; las de crecimiento indeterminado emiten continuamente en su punto de crecimiento racimos florales y la finalización del cultivo se da por decisión del productor o considerando las ventanas comerciales ya sean nacionales o internacionales. Las hojas son alternadas e imparipinadas, con un número de 7-9 foliolos, e igualmente están cubiertas con pelos glandulares. El fruto es una baya de forma globosa y, por lo general, de color rojo cuando madura, pudiendo ser su superficie lisa o asurcada (Jiménez- Borjas, 2009; Muñoz-Ramos, 2009).

5.2. Fisiología de la planta

5.2.1. Cambium vascular

El cambium vascular es el meristemo lateral que forma los tejidos vasculares secundarios: lateral porque ocupa esa posición en contraste a los meristemos apicales. Se halla localizado entre el xilema y el floema, en tallos y raíces tiene comúnmente la forma de un cilindro. Generalmente las células del cambium presentan un citoplasma denso, núcleo grande y muy vacuoladas. Son de dos tipos, las iniciales fusiformes e iniciales radiales, las primeras son más largas que anchas, con extremos afilados; en contraste, las segundas son más pequeñas y de formas isodiamétricas. La importancia del cambium vascular en el injerto es la generación de nuevo tejido de conducción; cuando esto sucede las células iniciales se dividen periclinalmente, denominada divisiones aditivas, derivando células hacia el xilema y otras al floema. Cuando una célula se divide periclinalmente, una de las dos células nuevas permanece como inicial y la otra pasa a formar parte del xilema o del floema (Esaú, 1985).

5.2.2. Xilema

El xilema es el principal tejido conductor de agua y solutos en las plantas vasculares y junto con el floema forman el tejido vascular. Presenta varios tipos de células relacionadas con la conducción, sostén y almacenamiento. Dentro del xilema las principales células conductoras de agua son las traqueidas y los elementos de vaso. El almacenamiento se realiza en el parénquima del xilema, ubicados en filas verticales.

Las células encargadas del sostén son las fibras y esclereidas. Como se mencionó anteriormente la formación del xilema en el punto de unión del injerto se da a partir del cambium vascular, puede ser estimulado por la aplicación exógena de hormonas, principalmente auxinas. Por ejemplo, las células de los radios de xilema se forman donde el cambium está en contacto con los radios de xilema del portainjerto y los elementos del xilema donde quedan en contacto con los elementos de xilema del portainjerto (Esaú, 1985).

5.2.3. Floema

El floema es el encargado del transporte de los productos de la fotosíntesis. Presenta varios tipos de células y se encuentra junto al xilema. El floema también está relacionado con la conducción, almacenamiento y sostén. Las células encargadas de la conducción son

las células cribosas, que dan origen a los elementos de los tubos cribosos. Los tubos cribosos están asociados con las células acompañantes, que son de parénquima. Las fibras y esclereidas son las relacionadas al sostén. Su posición en el tallo es externa a diferencia del xilema el cual tiene una posición interna (Esaú, 1985).

5.3. Enfermedades en tomate

2.3.1. Bacterias

Las bacterias pueden causar diversos síntomas, pero estos se pueden agrupar en: manchas en las hojas y marchitamientos bacterianos. Estas enfermedades inician frecuentemente como una aparición esporádica de plantas “tristes” o marchitas, cuya severidad se agudiza conforme avanza en sus etapas de crecimiento, hasta la maduración de frutos. A continuación se describe la principal enfermedad causada por:

a) Marchitez bacteriana (*R. solanacearum*).

Es una bacteria Gram negativa, abastionada, no forma spora ni cápsula, tiene forma de bacilo o cocos, reduce nitratos y forma amoniaco. En medio de cultivo líquido la bacteria de tipo silvestre, es generalmente no móvil y carente de flagelo polar. En cambio las variantes virulentas que se desarrollan en medio de cultivo son activamente móviles (Mejía 2003).

Esta es una enfermedad altamente destructiva en ambientes húmedos y cálidos, la incidencia de la enfermedad aumenta en suelos con drenaje deficiente. Los síntomas de esta enfermedad suelen iniciarse con un aspecto marchito o flácido de las hojas superiores de la planta, que suele avanzar con rapidez hasta la marchitez total. El sistema vascular aparece lleno de bacterias, mucus y toma coloración parda u oscura y la médula también suele estar afectada. Si se hacen cortes transversales del tallo, se observan generalmente gotas de exudado lechoso, que no aparecen cuando las lesiones vasculares son debidas a hongos (Blancard, 1996).

En la Tabla 1, se muestra las diferentes razas y biovares de *R. solanacearum* distribuidos en diferentes pisos altitudinales del territorio Guatemalteco; tomando como base la altitud de la región, se puede observar que el Biovar 2 – Raza 3 predomina en las zonas productoras de tomate del altiplano occidental del país.

Tabla 1: Resumen de resultados obtenidos en caracterización de biovars y filotipos de *R. 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
> 1600 msnm	Papa – Tomate – Quilete	II	I	Biovar 2 - Raza 3	América

Fuente: Sánchez, Mejía y Allen 2006.

El organismo sobrevive en material vegetal infectado, órganos vegetativos de propagación, plantas silvestres (huésped) y el suelo. Las fuentes de inóculo para los campos agrícolas y los métodos de propagación incluyen: el riego y aguas superficiales, las malezas acuáticas, suelos infestados, malas hierbas de campo, herramientas y equipos agrícolas contaminados (Aristondo, 2015).

b) Medios de diseminación de la bacteria

Según prior, SENASA y García citados por Rodríguez (2007). La bacteria *R. solanacearum*, puede sobrevivir en el suelo (principalmente en restos de cosechas de plantas infectadas), en las raíces y en la tierra que la rodea (Rizosfera) de muchas plantas hospedantes infectadas, en malezas; constituyéndose en fuentes de inóculo primario. A partir de los cuales y con ayuda del agua de riego, maquinarias, herramientas de los agricultores, son diseminados en el mismo campo y a otros Campos vecinos produciendo nuevas infecciones. La bacteria penetra en las plantas a través de heridas producidas durante la emergencia de raíces secundarias.

Las heridas producidas por las herramientas durante el cultivo después de la emergencia de la planta, así como las producidas por los nematodos e insectos del suelo, facilitan el ingreso de la bacteria a la planta, iniciándose así un nuevo ciclo de la infección (SENASA, citado por Rodríguez 2007).

2.3.2. Virus

Los virus son parásitos obligados, muy pequeños (microscópicos), que se multiplican dentro de las células vivas y que tienen la capacidad de producir varias enfermedades en plantas. Los virus son importantes en la producción de tomate, ya que dependiendo de la época de infección, del material genético que se tenga en campo y de las condiciones de manejo y ambientales, pueden causar pérdidas de hasta el 100%.

En los últimos años ha crecido la importancia de los virus transmitidos por mosca blanca, lo cual ha ocasionado que además del impacto directo en la producción, aumenta el costo del cultivo, al tener que hacer mayor número de aplicaciones de insecticidas, además del impacto ambiental, debido al uso excesivo e irracional de plaguicidas.

Los síntomas causados por virus son muy variados y pueden afectar a la totalidad de la planta o manifestarse solo en algunas partes específicas. Los achaparramientos o enanismos son debido a una reducción en el tamaño normal de la planta, principalmente por el acortamiento de los tallos y peciolos, así como por una reducción general del tamaño de la hoja. Existen diversos virus que infectan al tomate, a nivel mundial se han reportado más de 300; sin embargo el daño que causan es variable, dependiendo de la región, del genotipo y sistemas de producción usados y de las condiciones ambientales durante el desarrollo.

En Centroamérica destacan por su incidencia y severidad las siguientes: Virus del mosaico del Tabaco (**VMT**), Virus Y de la papa (**VYP**), Virus X de la papa (**VXP**), Mosaico amarillo del tomate (**VMAT**). De particular importancia es la creciente incidencia de virus transmitido por mosca blanca (Geminivirus, Torradovirus). En el caso particular de Guatemala, se han reportado diversos virus infectando el tomate, destacando los siguientes:

a) COMPLEJO GEMINIVIRUS

Los virus son parásitos obligados, muy pequeños (microscópicos), que se multiplican dentro de las células vivas y que tienen la capacidad de producir varias enfermedades en plantas. Los virus son importantes en la producción de tomate, ya que dependiendo de la época de infección, del material genético que se tenga en campo y de las condiciones de manejo y ambientales, pueden causar pérdidas de hasta el 100%.

En los últimos años ha crecido la importancia de los virus transmitidos por mosca blanca, lo cual ha ocasionado que además del impacto directo en la producción, aumenta el costo del cultivo, al tener que hacer mayor número de aplicaciones de insecticidas, además del impacto ambiental, debido al uso excesivo e irracional de plaguicidas.

Los geminivirus son un grupo de virus de gran importancia en el tomate, son transmitidos por la mosca blanca (*B. tabaci*), lo cual hace que su manejo sea aún más difícil.

Todos estos virus causan síntomas parecidos que hace difícil su identificación, los síntomas más comunes son mosaicos o amarillamientos leves o severos, según la etapa de infección de la planta, achaparramiento o enanismo, anormalidades de la hoja como enrollamiento, encrespamiento (encolochamiento) y coloraciones en las puntas de estas, aborto de flores. Se han reportado más de 60 geminivirus transmitidos por mosca blanca en tomate a nivel mundial.

Las altas temperaturas y la elevada humedad han hecho que aumente esta plaga, por lo que es imprescindible contar con una buena estrategia de control evitando esta causa del ingreso de Mosca Blanca (*B. tabaci*) transmisora del complejo Geminivirus a unidades con condiciones protegidas. La mejor defensa contra los virus son las variedades resistentes, porque no hay vacunas contra los virus de plantas (Morales, 2004).

b) Virus del Mosaico del tabaco.

El virus del Mosaico del tabaco (**VMT**) es uno de los virus de mayor distribución, cuyos síntomas en tomate son muy parecidos a los del virus del mosaico del tomate (**VMT_o**). Los síntomas producidos en tomate por estos dos virus varían desde un mosaico ligero, acompañado o no por deformación de las hojas, hasta un mosaico amarillo brillante, necrosis en los tallos, hojas y frutos y un ligero enanismo.

Estos virus son transmitidos fácilmente por medios mecánicos, por semillas infectadas, por contacto y por el suelo. En los restos de cosecha pueden permanecer hasta por dos años.

Las tácticas para su manejo son de carácter preventivo, tales como: el tratamiento de la semilla, eliminar los rastrojos de cultivos anteriores y reducir al mínimo las prácticas culturales que impliquen el manipuleo de plantas, como deshije, amarre, etc.

c) Geminivirus

Los geminivirus son un grupo de virus de gran importancia en el tomate, son transmitidos por la mosca blanca (*B. tabaci*), lo cual hace que su manejo sea aún más difícil. Todos estos virus causan síntomas parecidos que hace difícil su identificación, los síntomas más comunes son mosaicos o amarillamientos leves o severos, según la etapa de infección de la planta, achaparramiento o enanismo, anormalidades de la hoja como enrollamiento, encrespamiento (encolochamiento) y coloraciones en las puntas de estas, aborto de flores. La mosca blanca Biotipo B es de importancia económica para el cultivo de tomate, a continuación se detallan algunos biotipos de *B. tabaci*.

Tabla 2: Principales biotipos de *B. tabaci*

Hospedero	Biotipo	Origen
Algodón	A	América
Algodón	BR	Brasil
Tomate, Soja, Melón	B	África
Sandía	H	Asia
Algodón	L	Asia
Tomate, Pepino	Q	Europa
Algodón	NI	América

Fuente: Mejía, L. 2003.

Se han reportado más de 60 geminivirus transmitidos por mosca blanca en tomate a nivel mundial. Entre los geminivirus que se han reportado en Guatemala en tomate está el siguiente:

TYLCV Tomato Yellow Leaf Curl Virus o Virus del enrollamiento foliar amarillo del tomate; virus del enrollamiento de la hoja amarilla del tomate, es un virus de alta importancia para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero, transmitida principalmente por *Bemisia tabaci* biotipo B.

La mejor defensa contra los virus son las variedades resistentes, porque no hay vacunas contra los virus de plantas (Morales, 2004).

Según el MAGA (2015) La mosca blanca es el principal insecto trasmisor de virus en tomate. Transmite diversos geminivirus y torradovirus, que pueden causar pérdidas de consideración, sobre todo cuando el ataque se presenta en etapas iniciales del cultivo.

d) Experiencias del Manejo Integrado de Geminivirus en la región Centroamericana.

Los sistemas de producción de hortalizas presentan varias características que dificultan la aplicación de programas de manejo integrado de plagas (MIP), como lo son la alta rentabilidad de sus productos, su corta temporada de producción, y el ataque de insectos y patógenos con gran capacidad reproductiva y de disseminación. Esto hace que los agricultores apliquen plaguicidas en forma excesiva (con mucha frecuencia y en altas dosis), puesto que la inversión se puede recuperar a corto plazo.

Sin embargo, sus altos beneficios económicos podrán ser pasajeros, pues el sobreuso de plaguicidas puede desencadenar procesos y fenómenos inconvenientes en aspectos agrícolas, económicos y ambientales, como lo son la conversión de plagas secundarias en primarias, y el desarrollo de resistencia. Un ejemplo de esto es la crisis provocada en el último decenio por la mosca blanca (*B. tabaci*) (Homóptera: Aleyrodidae) en varias hortalizas y otros cultivos anuales, especialmente en los sistemas agrícolas de las regiones tropicales y subtropicales (Brown, Brown y Bird, e Ioannou, Citados por Hilje, 2001).

B. tabaci tiene 17 razas o biotipos, de los cuales al menos seis están en América (Brown et al.1995, De Barro y Driver 1997).El biotipo B, que es originario del Viejo Mundo (Brown et al. 1996), es considerado por algunos autores como una nueva especie, *B. argentifolii* (Bellows et al. 1994), pero sobre ello hay mucho debate. Contrasta con el biotipo A, que es el original, en los siguientes aspectos: tiene mayor fecundidad, completa su desarrollo en el cultivo de tomate, ataca un mayor número de cultivos, tiene mayor tolerancia al frío, e induce varios síndromes particulares (Perring, citado por Hilje 2001).

La premisa básica del MIP es que, por lo complejo que es enfrentar a las plagas, un solo método generalmente ser insuficiente para tener el éxito deseado. A su vez, el MIP se sustenta en tres principios: convivencia, prevención y sostenibilidad, los cuales se pueden aplicar para el manejo de *B. tabaci*, ya sea como vector de geminivirus o como plaga directa.

5.4.Situación de la tecnología dentro de los invernaderos.

La agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. Adicionalmente, se establece que la agricultura protegida ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Moreno et al., citado por Pastor 2014).

La agricultura protegida tiene importancia a nivel mundial porque aumenta el rendimiento por unidad de superficie, esto al reducir las restricciones del medio, por este motivo se ha intensificado su uso en los últimos años en todo el mundo.

En el 2003 se reportaban 450 hectáreas de cultivos protegidos en Guatemala, de las cuales el 4% es utilizado para la producción de hortalizas. Sin embargo esta producción corre a cargo de empresas privadas (nacionales y transnacionales) con tecnología transferida sin modificación alguna desde regiones de clima templado (Europa, Estados Unidos) a climas intertropicales como Guatemala sin considerar las posibles problemáticas que esto implica (Bran, citado por Jerónimo 2009).

A nivel de Guatemala existen varias tecnologías, consideradas como de baja tecnología, a continuación se describen las principales tecnologías que se emplean generalmente dentro de un invernadero:

a) Cubierta

Los materiales plásticos empleados como cubiertas de invernadero se pueden clasificar en filmes flexibles, placas rígidas y mallas, aunque la superficie cubierta con los primeros supera con mucho a las otras dos opciones (Interempresas, 2010).

b) Estructura

Los materiales estructurales, son 16 aproximadamente, siendo utilizados mayormente invernaderos con estructura metálica, madera y el resto es de estructura mixta, entendiendo como tal el uso combinado de laminados de madera, perfiles metálicos, etc. Los materiales metálicos han ido sustituyendo a la madera, al mismo tiempo que la superficie media de un invernadero iba creciendo (Interempresas, 2010).

c) Sustratos

Tradicionalmente el sustrato utilizado es el suelo por su bajo costo en su manejo, una de las técnicas que más ha influido en el desarrollo de la agricultura bajo plástico ha sido el enarenado. Esta técnica consiste en la incorporación de una capa de arena de unos diez centímetros de espesor sobre el suelo, que confiere importantes ventajas: la arena crea un microclima favorable para la planta, ya que altera el balance de agua y energía, aumentando la temperatura y estimulando la fotosíntesis (Interempresas, 2010).

d) Fertirrigación

Fertirrigación es la aplicación de forma simultánea de los fertilizantes y el agua de riego. La fertirrigación se encontró en sus inicios con una serie de inconvenientes que dificultaban el manejo y la aplicación de los fertilizantes a través del entonces novedoso sistema de riego por goteo. Tradicionalmente los fertilizantes empleados para la aplicación en el suelo presentaban unas características que limitaban su uso en los sistemas de riego localizado, que son aquellos que aportan agua a puntos muy concretos (Interempresas, 2010).

e) Sistemas biológicos auxiliares: Polinizadores

Para obtener una buena cosecha en frutales y hortalizas de fruto, es necesario que las flores se polinicen. El transporte del polen puede llevarse a cabo por un agente físico, caso del viento, o un agente biológico, como los insectos. Los cultivos protegidos necesitan ayuda para que se produzca una polinización óptima, siendo uno de los métodos más utilizados el empleo de abejorros. En la actualidad, el uso de abejorros en invernadero ha permitido abaratar los costes de producción, mejorando la calidad de los frutos y haciendo que el uso de tratamientos fitosanitarios se haya dejado en un segundo plano para dejar paso a la introducción de organismos de control biológico (Interempresas, 2010).

f) Control fitosanitaria

El control fitosanitario ha sido siempre uno de los caballos de batalla de la agricultura y así, a medida que se producían innovaciones tecnológicas, se han ensayado aplicaciones en este sentido siendo el avance de la industria química, produciéndose un gran desarrollo de la agricultura a partir de la segunda mitad de siglo, avances jalonados de indudables éxitos y también de bastantes dificultades. Una de estas dificultades es la pérdida de eficacia en el control de plagas debido al desarrollo de resistencias a las materias activas utilizadas (Interempresas, 2010).

5.5. Injerto en tomate

El injerto se define como la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente de modo que se unan, crezcan y se desarrollen como una sola planta. Los orígenes de esta técnica son muy antiguos en especies leñosas. En 1000 a.C. ya era conocida por los chinos. Aristóteles (384-322 a.C.) en algunas de sus obras se refería a los injertos con bastante conocimiento del tema. Durante el Imperio Romano y después en el Renacimiento (1300-1500 d.C.) existía interés por los injertos y fueron muy populares. Desde el siglo XVI en Inglaterra se usaban el método de hendidura y lengüeta, además se sabía que las capas de cambium debían coincidir (Hartman y Kester, 1984).

La técnica de injerto ha sido más estudiada en especies frutales, con diferentes propósitos; la mayoría como medio de propagación vegetativa o asexual y para obtener resistencia a enfermedades. El injerto en hortalizas comienza por primera vez injertando sandía (*C. lanatus*) sobre calabaza (*L. siceraria*) en Corea y Japón en 1914, para reducir la incidencia de enfermedades del suelo, principalmente para *Fusarium* (Lee et al., 1998), de manera comercial inicia en 1920 (Oda, 2002).

Lee y Oda (2003), mencionan el uso del injerto para producir una calabaza gigante con dos sistemas radicales, descrito en un libro antiguo escrito por Hong (1643-1715) en Corea. Sin embargo, estos mismos autores comentan que esta técnica no parece haber sido una práctica común antes del siglo XX en Asia.

En la actualidad el injerto en hortalizas se utiliza en varias partes del mundo, con diferentes propósitos. Esta técnica poco a poco se fue integrando para otras especies, en 1950 se utilizó la berenjena esmeralda (*S. integrifolium*) como portainjerto, injertándole berenjena (*S. melongena*).

Los injertos en pepino (*C. sativus*) y tomate (*S. lycopersicum*) iniciaron comercialmente alrededor de 1960 y 1970, respectivamente (Oda, 2002; Lee y Oda, 2003). Esta técnica en la producción de tomate se ha convertido en una herramienta fundamental para su producción en suelos con problemas de enfermedades y plagas.

5.6. Comportamiento de la producción con plantas injertadas

En la década de 1990, 59 % de la producción en Japón (Cucurbitaceas, tomate y berenjena) y 81 % Corea se realizaba con plántulas injertadas (Lee, 1994; Lee et al, 2003).

En 1992, Lee (1994) reportó 337 millones de plántulas injertadas anualmente en Corea, 651 millones en Japón. Más del 95 % de las sandías en ambos países son injertados. La mayoría de los pepinos en invernadero son injertados, a campo abierto de 10 a 30 %. Para 2005 en Japón se injertaban 500 millones de plántulas anualmente (Kobayashi, 2005).

5.7. Problemática del uso de plántulas injertadas

En el uso de plántulas injertadas existen algunos problemas que conviene analizarlos antes de tomar la decisión de utilizar esta técnica.

Los principales son la mano de obra que demanda el proceso de injertación, la aceptación por parte de las maquiladoras o piloneras que puedan proveer de estos materiales a los agricultores y el manejo de las plántulas injertadas en la fase post-injertación, donde se requiere de espacios adecuados que proporcione condiciones de temperatura, humedad relativa y luminosidad adecuadas para el prendimiento.

En relación a la mano de obra, un injertador con experiencia puede llegar a injertar 1 200 plántulas por día, pero varía con el método utilizado (Lee, 1994).

El costo económico es uno de los problemas, por el precio de las semillas del portainjerto y los gastos en la operación (Lee et al, 2003), estos gastos suelen desalentar al productor.

Por ejemplo, en Estados Unidos el precio de una plántula de tomate sin injertar es de 0.30 a 0.40 dólares, mientras que el costo de una plántula de tomate injertada es de 0.90 dólares; un aumento de 125 % en costo (Kubota et al., 2008).

En tomate existe un problema de especial importancia, el riesgo de una diseminación masiva de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, el cáncer bacteriano del tomate. La semilla del portainjerto o del injerto pueden ser portadoras de esta bacteria y con la práctica de injertación llegar a infectar a muchas plántulas.

5.8.Métodos de injertación

El método empleado varía de acuerdo con la especie y en cada una de ellas el porcentaje de prendimiento está relacionado con el método de injertación. En tomate el más generalizado es el método de empalme y en cucurbitáceas el de aproximación.

a) Método de empalme

Este es uno de los métodos más sencillos y utilizados a nivel comercial, muy aceptado en tomate considerando el número de plantas necesarias para una hectárea.

El diámetro de tallo recomendado para este método es 1.5 a 2.0 mm, que se alcanza entre 25 y 28 días después de la siembra, dependiendo del material.

El portainjerto e injerto deben tener el mismo diámetro para facilitar el prendimiento. Se realiza un corte inclinado en 45°, en el portainjerto puede realizarse por arriba o por debajo de los cotiledones.

En el injerto se realiza un corte similar en longitud e inclinación por arriba de los cotiledones, de preferencia se debe realizar el corte en un solo movimiento con navajas filosas como las de afeitar (Hartman et al, 1984).

b) Método de hendidura

El injerto de hendidura es un método conveniente para injertar tallos herbáceos. En papa (*S. tuberosum*) se realizan injertos de cuña cuando los brotes tienen 15 a 22.5 cm de alto; esto permite la producción de tubérculos y evita el riesgo de enraizamiento del injerto (Hartman et al, 1984).

c) Injerto de aproximación

La característica que distingue a este método es que se injertan dos plantas independientes entre sí, cada una con su sistema radical (Hartman et al, 1984). Es un método muy recurrido cuando el productor no cuenta con una cámara para la fase post-injerto, aunque es más laborioso que los otros dos métodos.

Sobre el portainjerto se realiza un corte en forma de lengua hacia abajo, esta última recomendación es importante dado que el portainjerto es quien da el soporte a la planta. Al injerto se le realiza un corte similar pero en dirección contraria; es decir, hacia arriba.

Cuando la unión está completa, el injerto es cortado por debajo de la unión y la parte aérea del portainjerto se elimina para formar así una sola planta, en ocasiones este proceso se realiza de forma gradual (Bonffelli, 2000; Hartman et al, 1984; Lee et al, 2003).

5.9. Propósito del injerto

El auge de los injertos en hortalizas comienza a raíz de las restricciones en el uso del bromuro de metilo en el año 2005, sobre todo en países desarrollados. Sustancia relacionada con la destrucción de la capa de ozono.

En la agricultura su uso es como desinfectante del suelo, eliminando hongos, bacterias, nematodos y semillas de malezas. Inicialmente el propósito de usar plántulas injertadas era para la prevención de enfermedades fitopatógenos alojadas en el suelo, caso específico de la marchitez por *Fusarium*, minimizando el uso de productos químicos (Velasco, 2013).

a) Tolerancia a factores adversos

Los injertos en hortalizas también se han utilizado para la producción bajo condiciones desfavorables en la producción. Como el caso del pepino injertado sobre *Cucurbita ficifolia* obteniendo tolerancia al frío.

Se ha encontrado que la sandía injertada sobre Shintosa (*C. maxima* x *C. moschata*) adquiere tolerancia a la sequía, Shintosa No1 también al ser utilizado como portainjerto en pepino ha mostrado crecimiento estable en varias temperaturas del suelo (Oda, 2002).

b) Incremento en rendimiento, vigor y calidad

Múltiples trabajos han demostrado el efecto del portainjerto sobre el vigor, calidad y rendimiento de la variedad injertada.

La causa principal de este efecto es el abundante sistema radical de los portainjertos, que tiene la capacidad de proveer de mayor cantidad de nutrientes, agua y hormonas (Lee, 1994).

Las citocininas son sintetizadas principalmente en la raíz, plantas con un sistema radical vigoroso produce mayor cantidad de esta hormona y el incremento en el rendimiento dado por un portainjerto vigoroso está asociado con el contenido total de citocininas en el xilema (Lee et al, 2003).

c) Resistencia a enfermedades

La raíz del portainjerto generalmente es vigorosa y muestra resistencia a enfermedades alojadas en el suelo, como las causadas por *Fusarium*, *Verticillium* y *Pyrenochaeta*.

Se ha encontrado resistencia a *Fusarium* en plántulas sin injertar cuando presentan raíz muy vigorosa. La resistencia a una enfermedad puede variar a lo largo del desarrollo del cultivo (Lee, 1994).

5.10. Estimación de daños causados por enfermedades en plantas

Castaño (1989) citado por Aristondo (2015), hace referencia que la estimación de daños causados por enfermedades a las plantas, es una herramienta útil que permite distinguir diferencias entre tratamientos difíciles de mostrar mediante la determinación del rendimiento o calidad.

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

a) Incidencia.

Se define como el número de unidades atacadas (Número de plantas, cantidad de 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.

b) Severidad.

Se define como el área de tejido de la planta afectada por la enfermedad.

c) Pérdidas en el rendimiento.

Se refiere a la evaluación de pérdidas en rendimiento, debido a enfermedades de plantas.

Castaño (1989) citado por Aristondo (2015), indica que una sola lesión en una hoja puede ser suficiente para determinar incidencia, pero no es tan severa como varias lesiones que pueden provocar un daño significativo en la planta.

3. Marco Referencial

3.1. Aldea San José Las Islas, municipio San Marcos

a) Localización geográfica

Ubicado a 13 km, de la cabecera municipal de San Marcos, en las coordenadas 14°55'00" N, 91°48'00" O. Ver mapa en anexo 1.

b) Vías de acceso

Cuenta con una vía de acceso, por la carretera que conduce de la cabecera departamental hacia el municipio de Palo Gordo, entrada al camino para San Pedro Petz la cual se encuentra en regulares condiciones, y es transitable durante todo el año.

c) Temperatura

Clima ligeramente frío, con temperaturas que oscilan entre los 10° C hasta los 25° C temperatura promedio de 16° C, por lo que es adecuada para la producción de hortalizas.

3.2. Aldea Cuya, municipio Tejutla

a) Localización geográfica

Ubicado a 3 km, de la cabecera municipal de Tejutla, en las coordenadas 15°07'21" N, 91°48'19" O. Ver mapa en anexo 2

b) Vías de acceso

Cuenta con una vía de acceso, que conduce a la cabecera municipal de Tejutla la cual se encuentra en regulares condiciones, y es transitable durante todo el año.

c) Temperatura

Clima ligeramente frío, con temperatura promedio de 14.8° C, por lo cual es común la producción en invernadero.

4. Objetivos

a. General

Generar información agronómica sobre los efectos del injerto en la tolerancia a Marchitez bacteriana provocada por *R. solanacearum* y el complejo geminivirus transmitida por *B. tabaci* en el cultivo de tomate *S. Lycopersicum L.*, bajo condiciones de invernadero, en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos, Guatemala.

b. Específicos

- b.1. Determinar la tolerancia a marchitez bacteriana de la combinación patrón injerto, mediante la utilización de modelos de incidencia y severidad.
- b.2. Determinar la tolerancia a Virosis de la combinación patrón injerto, mediante la utilización de modelos de incidencia y severidad.
- b.3. Comparar las combinaciones patrón injerto en relación con el rendimiento en kg/ha.
- b.4. Conocer la relación beneficio costo de las combinaciones patrón injerto, para determinar que tratamiento posee mayor beneficio económico.

5. Hipótesis

- Ha₁ Al menos una de las combinaciones patrón injerto reducirá la incidencia y severidad de *R. solanacearum* como resultado de sus características de tolerancia en comparación con el testigo.
- Ho₁ Ninguna de las combinaciones patrón injerto reducirá la incidencia y severidad de *R. solanacearum* en comparación con el testigo.
- Ha₂ Al menos una de las combinaciones patrón injerto reducirá la incidencia y severidad del complejo geminivirus como resultado de sus características de tolerancia en comparación con el testigo.
- Ho₂ Ninguna de las combinaciones patrón injerto reducirá la incidencia y severidad del complejo geminivirus en comparación con el testigo.

6. Metodología

6.1. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar (DBA), debido a que se determinó que existe una gradiente de variabilidad (SUELO), influyendo en la distribución espacial del patógeno. El diseño de bloques al azar (DBA) toma en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. Este diseño experimental contó con trece tratamientos y tres repeticiones, los cuales se describen en el siguiente inciso.

6.2. Tratamientos

Los tratamientos fueron combinaciones entre los materiales genéticos y las variedades que serán usadas como patrones o porta injertos, estas se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Descripción de los tratamientos utilizados.

No. tratamiento	Genotipo	Patrón	
1	Tabaré RZ	Sin injertar	Testigo del genotipo
2	Tabaré RZ	Auto injertado	
3	Tabaré RZ	Shelter RZ	
4	Tabaré RZ	Endurance F1	
5	Tabaré RZ	Retana F1	
6	Tabaré RZ	Ipala F1	
7	Atitlán F1	Sin injertar	Testigo del genotipo
8	Atitlán F1	Auto injertado	
9	Atitlán F1	Shelter RZ	
10	Atitlán F1	Endurance F1	
11	Atitlán F1	Retana F1	
12	Atitlán F1	Ipala F1	
13	Tolimán F1	Sin injertar	Testigo Absoluto

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Los patrones nativos y criollos, no fueron considerados para formar parte de los materiales evaluados dentro de esta investigación por la falta de información sobre la tolerancia a enfermedades del suelo.

Descripción de los tratamientos:

- ∅ **Tratamiento 1:** Tomate híbrido Tabaré sin injertar, se utiliza como un testigo varietal, para conocer el comportamiento de este material ante las enfermedades que se evaluarán, este material posee resistencia a *F. oxysporum* y geminivirus **ToMV** (ty5).
- ∅ **Tratamiento 2:** Tomate híbrido Tabaré injertado sobre su propio patrón, con el fin de estimular a la planta y someterla a un estrés, provocando la reacción del sistema de defensa de la planta, estimulando a una mejor resistencia a enfermedades del suelo y geminivirus **ToMV** (ty5), además de un alto desarrollo radicular.
- ∅ **Tratamiento 3:** Tomate híbrido Tabaré injertado sobre el patrón Shelter RZ, creando un material con resistencia a *R. solanacearum*, alto grado de resistencia a geminivirus **ToMV** (ty5). Planta de crecimiento indeterminado. Además tolera enfermedades como Fusarium, Verticillium y Nematodos.
- ∅ **Tratamiento 4:** Tomate híbrido Tabaré injertado sobre el patrón Endurance, creando un material con resistencia media a *R. solanacearum*, con alto vigor y desarrollo radicular en zonas tropicales, con alto grado de resistencia a geminivirus **ToMV** (ty5). Planta de crecimiento indeterminado.
- ∅ **Tratamiento 5:** Tomate híbrido Tabaré injertado sobre el patrón Retana F1 creando un material con resistencia media a *R. solanacearum*, con alto vigor y maduración homogénea con un alto grado de resistencia a geminivirus **ToMV** (ty5). Planta de crecimiento indeterminado.

- ∅ **Tratamiento 6:** Tomate híbrido de tomate Tabaré injertado sobre el patrón Ipala F1 creando un material con resistencia a *R. solanacearum*, con alta vigorosidad, y un alto grado de resistencia a geminivirus *ToMV* (ty5). Planta de crecimiento indeterminado.
- ∅ **Tratamiento 7:** Variedad híbrida de tomate Atitlán sin injertar, se utiliza como un testigo varietal, para conocer el comportamiento de este material ante las enfermedades que se evaluarán, este material posee resistencia a *ToMV* (ty5), *TSWV*, *F. oxysporum l*, *Pseudomonas syringae* pv. Tomate, *TYLCV* (ty1 ty3) y *Meloidogyne*.
- ∅ **Tratamiento 8:** Variedad híbrida de tomate Atitlán injertado sobre su propio patrón, esto con el fin de estimular a la planta y someterla a un estrés, provocando la reacción del sistema de defensa de la planta lo cual conlleva a una mejor resistencia a enfermedades como *ToMV* (ty5), *TSWV*, *F. oxysporum l*, *P. syringae* pv. Tomate, *TYLCV* (ty1 ty3) y nematodo *Meloidogyne* y un alto desarrollo radicular.
- ∅ **Tratamiento 9:** Variedad híbrida Atitlán injertado sobre el patrón Shelter RZ, creando un material con resistencia a *R. solanacearum*, con vigor medio para las zonas húmedas tropicales y subtropicales, y un alto grado de resistencia a geminivirus *ToMV* (ty5), *TSWV*, *TYLCV* (ty1 ty3), además de tolerancia a *Fusarium oxysporum l*, *P. syringae* pv. Tomate, y nematodo *Meloidogyne*. Planta de crecimiento determinado.
- ∅ **Tratamiento 10:** Variedad híbrida de tomate Atitlán injertado sobre el patrón Endurance creando un material con resistencia media a *R. solanacearum*, con alto vigor para las zonas húmedas tropicales y subtropicales, y un alto grado de resistencia a geminivirus *ToMV* (ty5), *TSWV*, *TYLCV* (ty1 ty3). Planta de crecimiento determinado.
- ∅ **Tratamiento 11:** Variedad híbrida de tomate Atitlán injertado sobre el patrón Retana F1 creando un material con resistencia media a *R. solanacearum*, con alto vigor y maduración homogénea con un alto grado de resistencia a geminivirus *ToMV* (ty5), *TSWV*, *TYLCV* (ty1 ty3). Planta de crecimiento determinado.

- ⊗ **Tratamiento 12:** Variedad híbrida de tomate Atitlán injertado sobre el patrón Ipala F1 creando un material con resistencia media a *R. solanacearum*, con alta vigorosidad, y un alto grado de resistencia a geminivirus **ToMV** (ty5), **TSWV**, **TYLCV** (ty1 ty3), además de tolerancia a *F. oxysporum* 1, *P. syringae* pv. Tomate, y nematodo **Meloidogyne**. Planta de crecimiento determinado.
- ⊗ **Tratamiento 13:** Variedad híbrida Tolimán F1, como testigo absoluto de la investigación, por ser la variedad comercial más utilizada por los agricultores de la región del altiplano occidental.

6.3. Descripción de los cultivares:

a) Tolimán F1

Variedad de tomate utilizada frecuentemente en las dos localidades, planta de follaje vigoroso con buena sanidad de campo y excelente ramificación, extraordinaria cantidad de frutos por planta de buen tamaño durante toda la cosecha, frutos tipo roma forma alargada muy firmes de color rojo profundo, brillante y muy lisos, de pared gruesa, muy llenos y pesados. Excelente vida de anaquel. Hábito de crecimiento semideterminado. Con alta resistencia a *F. oxysporum* lycopersici y Fo raza 1, y Virus del Mosaico del Tomate **ToMV**. (Casa de semillas Bejo).

b) Tabaré RZ

Híbrido de tomate con hábito de crecimiento indeterminado tipo roma (Frutos alargados), planta con vigor medio y entrenudo largo. Fruto alargado y racimo bastante grande, buen cuaje con altas temperaturas, excelente firmeza y larga vida de anaquel, alta resistencia al Virus del Mosaico del Tomate **ToMV**, **F. oxysporum** lycopersici y *Verticillium*. Resistencia media a nematodos principalmente género **Meloidogyne**. (Casa de semillas Rijk Zwaan).

c) Atitlán F1

Híbrido de tomate con hábito de crecimiento determinado, planta con alto vigor y adaptación a diferentes zonas de producción, fruto tipo roma con buena calidad, tamaño

homogéneo y forma muy bien definida, de color rojo oscuro intenso, maduración homogénea, con tolerancia al cracking, microcracking y blotchy. Con alta resistencia a Virus del Mosaico del Tomate **ToMV**, Virus del Bronceado del Tomate **TSWV**, *F. oxysporum* lycopersici y peca bacteriana (*P. syringae* pv. Tomate. Resistencia media al Virus del enrollamiento Amarillo de la Hoja de Tomate **TYLCV** y nematodo *Meloidogyne*. (Casa de semillas Vilmorin).

d) Shelter RZ

Porta injerto híbrido para tomate, con un vigor medio para zonas húmedas tropicales y subtropicales. Esto significa que el nivel de vigor es menor, en comparación con patrones estándar. Alarga los ciclos de producción, tolera condiciones estresantes del suelo, mejora el estado del cultivo en condiciones adversas y mejora la calidad del sistema radicular. Posee resistencia a *R. solanacearum* y *Fusarium* raza 3, alta resistencia a virus del mosaico del tomate **ToMV**, verticillium y resistencia media a *Meloidogyne* (casa de semillas Rijk Zwaan).

e) Endurance

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

f) Retana F1

Híbrido de tomate con hábito de crecimiento determinado, planta con vigor medio y adaptación a diferentes zonas de producción, fruto tipo roma con buena calidad, tamaño homogéneo con alta vida de anaquel, de color rojo intenso, maduración homogénea. Con alta resistencia a Virus del Mosaico del Tomate **ToMV**, Virus del Bronceado del Tomate **TSWV**, *F. oxysporum* lycopersici Raza 1 y 2. (Casa de semillas Vilmorin).

g) Ipala F1

Hibrido de tomate con hábito de crecimiento determinado, planta con alto vigor y buena cobertura foliar, fruto tipo roma con buena calidad, tamaño y forma homogénea. Con alta resistencia a Virus del Mosaico del Tomate **ToMV**, *Verticillium*, *F. oxysporum* lycopersici razas 1 y 2. Resistencia media al Virus del enrollamiento Amarillo de la Hoja de Tomate **TYLCV**, peca bacteriana (*P. syringae* pv. Tomate), *P. infestans* y *R. solanacearum*. (Casa de semillas Vilmorin).

h) Autoinjerto

Se realizara el autoinjerto con la finalidad de estimular en la planta los mecanismos fisiológicos de los tejidos vasculares, generando el desarrollo de la planta con algún efecto en la tolerancia a enfermedades manteniendo una producción promedio.

6.4. Tamaño de la unidad experimental

El diseño experimental contó con un área total de 140 m² y una unidad experimental de 3 m² (3 x 1), dentro de la cual el área efectiva fue de 2 m² (2 x 0.9). El ensayo se efectuó bajo condiciones protegidas de invernadero. Con la finalidad de evitar el efecto de borde, se tomó como unidad de muestreo 5 plantas por tratamiento en cada repetición; ubicadas en el centro de cada uno de los 13 tratamientos y 3 repeticiones, obteniendo en la unidad de muestro una cantidad de 10 plantas/tratamiento.

6.5. Modelo estadístico

El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo
 μ = tratamiento y el j-ésimo bloque.
 τ_i = Media general de la variable de respuesta
 β_j = Efecto del i-ésimo tratamiento
 ε_{ij} = Efecto del j-ésimo bloque
 Error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

Supuesto del modelo:

$$E_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

No existe interacción entre bloque y tratamiento (*)

6.6. Variables de respuesta

En la evaluación del efecto de los diferentes tratamientos a estudiar, se analizaron las siguientes variables de respuesta:

6.6.1. Tolerancia

Con la finalidad de unificar los valores obtenidos en los parámetros de la enfermedad y establecer un grado de tolerancia representativo y fácilmente interpretable, se realiza 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 el porta injerto.

a) Incidencia

El porcentaje de incidencia se determinó a través de la contabilización del número de plantas que presentan la sintomatología de las enfermedades en cada uno de los tratamientos y repeticiones, utilizando un monitoreo con intervalo de 7 días del área experimental y realizando su posterior análisis mediante la siguiente ecuación:

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

No se aplicaron plaguicidas para el control de la mosca blanca, transmisora de geminivirus o para controlar la bacteria *R. solanacearum*, con el propósito de incrementar la incidencia y severidad de estos dos patógenos.

b) 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 la Tabla 4, realizando lecturas con un intervalo de tres días.

Tabla 4: Escala de severidad de la marchitez bacteriana causada por *R. 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 la hojas
3	Severidad alta	Decaimiento generalizado (marchitez)
4	Severidad muy alta	Muerte de la planta

Fuente: Arteaga y Avendaño, 2004.

Según Castaño (1989) citado por Aristondo (2015), 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 utiliza el modelo matemático del área bajo la curva del progreso o desarrollo de la enfermedad (AUDPC); el cual permite la aplicación de modelos estadísticos para la priorización de tratamientos (prueba de medias), utilizando la siguiente ecuación:

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

Dónde:

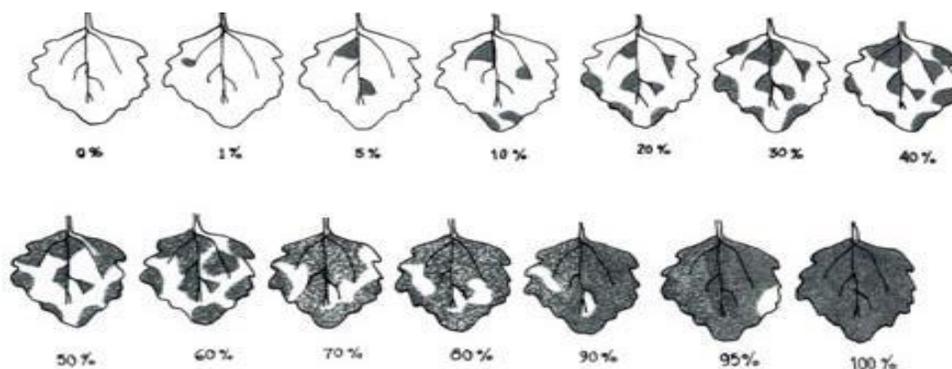
y_i = índice de severidad de la lectura anterior.

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.

Ilustración 1: Escala grafica de la severidad de daño foliar provocado por Virosis transmitido por *B. tabaci*



Fuente: Arteaga et al, 2004.

6.6.2. Rendimiento:

El rendimiento se determinó en kg/ha, basándose en el criterio de pesar los frutos de tamaño mayor a 2.5 cm de diámetro y sin ningún tipo de deformación, los datos obtenidos en campo fueron convertidos de kg/m².

6.6.3. Relación Beneficio Costo:

Con la finalidad de determinar las combinaciones patrón injerto con mayor beneficio económico, se realizó un análisis tomando en cuenta los siguientes aspectos:

a) Costos de producción

Para determinar los costos empleados en la producción de las diferentes combinaciones patrón injerto de tomate en estudio, se contabilizó todo insumo utilizado, mano de obra y otros costos realizados diariamente en el área experimental, estos sirvieron de base para estimar el costo de producción.

b) Ingresos

Para estimar el valor de ingresos se tomó en cuenta el rendimiento de cada combinación patrón injerto, según el precio promedio del mercado principal del departamento siendo este el de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

6.7. Análisis de la información

Se realizó un análisis estadístico, mediante la utilización del programa estadístico InfoSTAT, para determinar el ANDEVA para cada variable de respuesta. Por medio del análisis de varianza se determinaron las variables con diferencias significativas entre las combinaciones patrón injerto, aplicando la prueba múltiple de medias de Tuckey, considerando un nivel de significancia del 95% y altamente significativo del 99% de probabilidad.

6.8. Manejo del experimento

a) Instalaciones

Las instalaciones consistieron en invernaderos tipo colombiano, estos poseen baja tecnología, contando únicamente con riego con cintas de goteo, tutorado con pita rafia, cubierta plástica y estructura constituida principalmente a base de madera.

b) Siembra

La siembra se realizó con el uso de bandejas de polipropileno para almacenar calor y asegurar la germinación, una semilla por postura, se utilizó Peat-most como sustrato por ser un material inerte y de uso frecuente en la producción de pilones, el injerto se realizó cuando la plantita alcanzó 15cm y demostró el desarrollo de 4 hojas.

c) Injerto

El injerto ideal es el de hendidura, se realizó a 1.5 a 2.0 mm diámetro, alcanzados entre 25 y 28 días después de la siembra. El portainjerto e injerto deben tener el mismo diámetro para facilitar el prendimiento. Se realizó un corte inclinado en 45°, en el portainjerto puede realizarse por arriba o por debajo de los cotiledones En el injerto se realizó un corte similar en longitud e inclinación por arriba de los cotiledones, de preferencia se realizó el corte en un solo movimiento con navajas filosas como las de afeitar (Hartman y Kester, 1984).

d) Screening de materiales a evaluar

Los materiales evaluados con el uso de un screening inicial, para conocer la condición sanitaria de los materiales introducidos de interés, a través de un análisis biológico determinando la presencia de algún patógeno que alterase la investigación. La empresa donde se realizó este tipo de análisis fue la empresa Agro expertos S.A.

e) Muestreo de Suelo

El muestreo de suelo se realizó para conocer la situación de las unidades de producción y conocer si existe presencia de patógenos. La empresa donde se realizó el análisis fue la empresa Agro expertos S.A.

f) Trasplante

El trasplante se llevó a cabo 15 días después que la planta fue injertada, el marco de plantación es en hilera simple con distanciamiento entre surco de 0.9 metros y distanciamiento entre planta de 0.35 metros.

g) Fertilización

El programa de nutrición vegetal en base al programa utilizado comúnmente por los agricultores de la región, para ver el requerimiento nutricional remitirse al anexo 3.

h) Riego

En tomate, se sabe que la capa del suelo comprendida entre los 0 y 40 cm de profundidad demanda buena humedad, sin llegar a la saturación. También es conocido que los suelos arenosos requieren una mayor frecuencia de riego.

i) Tutorado

Con el tutoreo o tutorado dirige el crecimiento de la planta y evitando el daño a los frutos y follajes. Cuando la planta alcanzó los primeros 20 a 25 cm se tendió la primera hilera de guía de rafia (cinta plástica); empleando rafia cada 20 a 25 cm de altura.

j) Toma de datos

La toma de datos se realizó a partir de la primera semana de siembra, considerando las variables de respuesta, la datología de la investigación se llevó a cabo por medio de las herramientas de colecta de datos contenidas en los anexos 4, 5, 6, 7 y 8.

k) Screening de materiales evaluados

Se generó un screening final, para conocer la condición sanitaria de los materiales evaluados, similar al screening de materiales evaluados, a través de un análisis biológico determinando la presencia de patógenos evaluados (*R. solanacearum* y geminivirus, TYLCV), determinando el grado de tolerancia o resistencia que hayan podido desarrollar los tratamientos durante la investigación. La empresa donde se realizó el análisis fue la empresa Agro expertos S.A.

l) Análisis y Presentación de resultados.

Se analizaron los datos en base al inciso 9.7. de este documento, presentando los resultados concluida la investigación siguiendo el formato de informe del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

Se presentó a la Comisión de Trabajo de graduación de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y al Comité Técnico del Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria (CRIA) del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

m) Difusión de resultados.

Para la difusión de los resultados de esta investigación, se realizó una publicación en una de las revistas científicas de la región occidente requerida por una de las instituciones involucradas en la presente investigación.

7. Discusión de los resultados

7.1. Tolerancia

Para analizar la tolerancia se compararon los resultados obtenidos por cada una de las localidades, la Tabla 5 compara el resultado del grado de tolerancia a Marchitez bacteriana obtenido por cada localidad, estos resultados son el resultado del análisis del porcentaje de incidencia y el grado de severidad, área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), obtenidos por cada tratamiento.

Para facilitar la interpretación de resultados se realizó un re-escalamiento y estandarización de los datos obtenidos, la escala utilizada para el presente estudio va del 0 al 10, el tratamiento que presenta el número más cercano a cero posee un alto grado de tolerancia a *R. solanacearum*

Tabla 5: Grado de tolerancia a *R. solanacearum* en los tratamientos evaluados, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros incidencia y severidad, 2017.

Tratamiento	Grado de tolerancia a <i>R. solanacearum</i>		TOLERANCIA
	Cuya, Tejutla	San José Las Islas, San Marcos	
1 Tabaré (Testigo)	5.69	6.16	MEDIA
2 Tabaré Auto injertado	7.24	7.31	BAJA
3 Tabaré x Shelter	3.74	5.29	MEDIA
4 Tabaré x Endurance	5.59	6.49	BAJA
5 Tabaré x Retana	5.13	6.58	MEDIA
6 Tabaré x Ipala	1.75	1.75	ALTA
7 Atitlán (Testigo)	4.88	6.52	MEDIA
8 Atitlán Auto injertado	6.49	7.10	BAJA
9 Atitlán x Shelter	5.62	5.76	MEDIA
10 Atitlán x Endurance	6.13	6.97	BAJA
11 Atitlán x Retana	7.24	7.33	BAJA
12 Atitlán x Ipala	2.47	3.11	ALTA
13 Tolimán Testigo Absoluto	7.00	7.00	BAJA

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Analizando los datos presentados, se demuestra que el tratamiento 6, genotipo Tabaré injertado sobre el patrón Ipala, es el material con mayor grado de tolerancia a *R.*

solanacearum con un grado del 1.75, material excelente para el cultivo de tomate en terrenos con alta contaminación de esta bacteria, dentro de las dos localidades no se presentó diferencia significativa, debido posiblemente a la distribución y concentración del patógeno dentro del plano espacial del suelo del terreno.

El tratamiento 12 genotipo Atitlán injertado sobre el porta injertos Ipala y el genotipo Tabaré injertado sobre Shelter, son los tratamientos que presentaron en menor escala tolerancia, en comparación con el auto injerto de Tabaré, este tratamiento presentó un alto grado de ataque de la bacteria, provocando un marchitamiento general de la planta de tomate. El testigo Tabaré es más tolerante al auto injerto de su mismo genotipo, el testigo Atitlán tuvo menor severidad e incidencia en comparación con la mayoría de los tratamientos donde se hizo uso de este como genotipo a injertar, teniendo diferencia únicamente con el porta injertos Ipala.

Tabla 6: Grado de tolerancia a virus TYLCV en los tratamientos evaluados, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros incidencia y severidad, 2017.

Tratamiento	Grado de tolerancia a virus TYLCV		TOLERANCIA
	Cuya, Tejutla	San José las Islas, San Marcos	
1 Tabaré (Testigo)	5.79	6.67	BAJA
2 Tabaré Auto injertado	7.06	7.20	BAJA
3 Tabaré x Shelter	6.32	7.41	BAJA
4 Tabaré x Endurance	6.86	7.39	BAJA
5 Tabaré x Retana	6.27	7.88	BAJA
6 Tabaré x Ipala	5.08	5.99	MEDIA
7 Atitlán (Testigo)	3.02	4.81	MEDIA
8 Atitlán Auto injertado	2.93	3.79	MEDIA
9 Atitlán x Shelter	1.80	4.19	ALTA
10 Atitlán x Endurance	3.74	4.02	MEDIA
11 Atitlán x Retana	2.23	4.65	MEDIA
12 Atitlán x Ipala	1.80	1.80	ALTA
13 Tolimán Testigo Absoluto	9.20	9.20	BAJA

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En cuanto a la tolerancia a virus **TYLCV** existe una diferencia notable entre tratamientos al tener al tratamiento 12 con un alto grado de tolerancia a este patógeno, en la

evaluación de virus únicamente se diferencian tres materiales vegetales, siendo el genotipo Atitlán con datos estadísticos favorables, al igual que para calcular la tolerancia a *R. solanacearum* fue necesaria la estandarización y re-escalamiento de los resultados obtenidos en el porcentaje de incidencia y grado de tolerancia, obtenido a través del área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

El material más afectado por el ataque de virus, transmitidos por *B. tabacii*, es el testigo absoluto “Tolimán” teniendo el grado más crítico esto significa que este material es el más susceptible a presentar síntomas del Virus del enrollamiento amarillo de la hoja de tomate (TYLCV, por sus siglas en ingles).

En la Tabla 7 se demostró que el tratamiento con más tolerancia a *R. solanacearum* es el genotipo Tabaré injertado sobre Ipala, pero este material no es muy recomendable para su cultivo bajo invernadero donde se tiene un historial con alta incidencia de *B. tabaci*.

Analizando detalladamente esta variable de respuesta se comprueba la hipótesis, teniendo materiales con diferencia estadística considerables. En base al análisis realizado a través de la estandarización y re-escalamiento se eligen dos materiales considerados como tolerantes a *R. solanacearum* y virus TYLCV.

7.1.1. Incidencia

a) Incidencia *R. solanacearum*

La toma de datos para la variable de incidencia se realizó durante todo el ciclo de producción en las dos localidades, con intervalos de tres lecturas por semana, en la Tabla 7 se puede observar los resultados obtenidos de la evaluación de *R. solanacearum* para la unidad experimental localizada en aldea Cuya, Tejutla y en la tabla 10 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de la bacteria para la unidad experimental localizada en aldea San José Las Islas, San Marcos.

Tabla 7: Porcentaje de Incidencia de *R. solanacearum*, sobre los tratamientos evaluados en la aldea Cuya, del municipio de Tejutla, San Marcos.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	54	70	65
2 Tabaré Auto injertado	100	100	94
3 Tabaré x Shelter	20	15	20
4 Tabaré x Endurance	65	70	50
5 Tabaré x Retana	70	50	35
6 Tabaré x Ipala	10	0	10
7 Atitlán (Testigo)	20	30	25
8 Atitlán Auto injertado	70	80	70
9 Atitlán x Shelter	32	25	37
10 Atitlán x Endurance	78	80	85
11 Atitlán x Retana	90	80	100
12 Atitlán x Ipala	15	10	20
13 Tolimán Testigo Absoluto	90	50	70

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La incidencia para la localidad de Cuya, Tejutla se determinó por número de plantas que presentaban sintomatología de la enfermedad, el tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero tuvo una baja incidencia de esta enfermedad dentro de la parcela chica, conformado por 10 plantas, en la Tabla 8 se detallan los resultados obtenidos durante la fase de campo de la investigación obteniendo al tratamiento 2 (Variedad Tabaré auto injertada), como el tratamiento con mayor incidencia de *R. solanacearum* mientras que los tratamientos con menor incidencia de esta enfermedad son los genotipos Tabaré y Atitlán injertados sobre el porta injertos Ipala, presentando una incidencia menor al 20 %, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos, otro de los tratamientos con poca incidencia son los mismos genotipos esta vez injertados sobre el porta injertos Shelter.

Los tratamientos que utilizaron como porta injertos a la variedad Retana y Endurance no soportaron la presencia de la enfermedad dentro del suelo.

Tabla 8: Análisis de la varianza para la variable incidencia de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en Cuya, Tejutla, San Marcos.

	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
	Incidencia	39	0.93	0.90	18.00

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33306.31	12	2775.53	30.84	<0.0001
Tratamiento	33306.31	12	2775.53	30.84	<0.0001
Error	2340.00	26	90.00		
Total	35646.31	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Realizando el análisis de varianza, al 5 % de significancia, se establecen los valores en porcentaje de incidencia comprobando que existe diferencia entre los tratamientos. Para analizar de una mejor manera la información consignada se realiza una prueba de medias de Tuckey efectuada al 95 % de significancia, haciendo uso de la

Tabla 9 se identifica al tratamiento seis como el mejor tratamiento con baja incidencia de *R. solanacearum*, este tratamiento servirá para analizar la información de toda la investigación.

Tabla 9: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Incidencia de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

	Tratamiento	Medias de incidencia	Grupo Tukey (0.05%)
6	Tabaré x Ipala	11.67	A
12	Atitlán x Ipala	15.00	A
3	Tabaré x Shelter	18.33	A
7	Atitlán (Testigo)	25.00	A B
9	Atitlán x Shelter	31.33	A B
5	Tabaré x Retana	51.67	B C
4	Tabaré x Endurance	61.67	C D
1	Tabaré (Testigo)	63.00	C D E
13	Tolimán Testigo Absoluto	70.00	C D E
8	Atitlán Auto injertado	73.33	C D E F
10	Atitlán x Endurance	81.00	D E F
11	Atitlán x Retana	90.00	E F
2	Tabaré Auto injertado	98.00	F
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La incidencia para la localidad de San José Las Islas al igual que en la localidad anterior se determinó por el número de plantas que presentaban sintomatología de la enfermedad Marchitez bacteriana, el tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero tuvo una baja incidencia de esta enfermedad dentro de la parcela chica, conformado por 10 plantas.

En la Tabla 10 se describe el porcentaje de incidencia de los tratamientos evaluados dentro de la investigación, obteniendo al tratamiento trece (Testigo absoluto) Variedad Tolimán, como el tratamiento con mayor incidencia de *R. solanacearum*. Mientras que el tratamiento seis con menor incidencia de esta enfermedad son los genotipos Tabaré y Atitlán injertados sobre el porta injertos Ipala, presentando incidencia únicamente en una planta de 30 evaluadas, otro tratamiento fue el doce presentando únicamente dos plantas con sintomatología de la enfermedad, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos.. Los tratamientos auto injertados no soportaron la presencia de la enfermedad dentro del suelo.

Tabla 10: Porcentaje de Incidencia de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, del municipio de San Marcos. 2017

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	60	80	70
2 Tabaré Auto injertado	100	90	90
3 Tabaré x Shelter	50	60	55
4 Tabaré x Endurance	80	90	80
5 Tabaré x Retana	90	100	80
6 Tabaré x Ipala	10	0	0
7 Atitlán (Testigo)	60	80	70
8 Atitlán Auto injertado	100	90	100
9 Atitlán x Shelter	35	40	35
10 Atitlán x Endurance	80	90	75
11 Atitlán x Retana	100	90	85
12 Atitlán x Ipala	10	10	0
13 Tolimán Testigo Absoluto	100	100	100

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Mientras que los tratamientos con menor incidencia de esta enfermedad son los genotipos Tabaré y Atitlán injertados sobre el porta injertos Ipala, presentando una incidencia menor al 10 %, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos, otro de los tratamientos con poca incidencia es el genotipo Atitlán injertado sobre el porta injertos Shelter. Los tratamientos que utilizaron como porta injertos a la variedad Retana y Endurance no soportaron la presencia de la enfermedad dentro del suelo.

Dentro de las dos localidades existe una variación en cuanto a la incidencia entre los mismos tratamientos esto debido a la concentración de la bacteria dentro del suelo, diseminación de esta dentro del sistema de riego, ingreso de personas y condiciones climáticas de ambas localidades.

Tabla 11: Análisis de la varianza para la variable incidencia de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	39	0.97	0.96	10.19

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39160.26	12	3263.35	68.80	<0.0001
Tratamiento	39160.26	12	3263.35	68.80	<0.0001
Error	1233.33	26	47.44		
Total	40393.59	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Realizando el análisis de varianza, en la Tabla 11 utilizando el 5% de significancia, se establecen los valores en porcentaje de incidencia a *R. solanacearum* comprobando que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Para analizar de una mejor manera la información consignada se realiza una prueba de medias de Tuckey efectuada al 95 % de significancia, haciendo uso de la Tabla 12

Se identifica al tratamiento seis como el mejor tratamiento con baja incidencia de la bacteria, teniendo una media de incidencia del 3.33 %, seguido del tratamiento doce con una media de incidencia del 6.67 %, en base a lo contenido en este análisis se determina el mejor material de tomate con tolerancia a marchitez bacteriana y virus TYLCV para la localidad de San José las Islas, San Marcos.

Tabla 12: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Incidencia de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Tratamiento		Medias de incidencia	Grupo Tukey (0.05%)
6	Tabaré x Ipala	3.33	A
12	Atitlán x Ipala	6.67	A
9	Atitlán x Shelter	36.67	B
3	Tabaré x Shelter	55.00	B C
7	Atitlán (Testigo)	70.00	C D
1	Tabaré (Testigo)	70.00	C D
10	Atitlán x Endurance	81.67	D E
4	Tabaré x Endurance	83.33	D E
5	Tabaré x Retana	90.00	D E
11	Atitlán x Retana	91.67	E
2	Tabaré Auto injertado	93.33	E
8	Atitlán Auto injertado	96.67	E
13	Tolimán Testigo Absoluto	100.00	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar detalladamente la información obtenida durante esta investigación se realizó un re-escalamiento y estandarización de datos, mediante la transformación angular o de arco seno, datos contenidos en la Tabla 13.

Tabla 13: Estandarización y re-escalamiento del porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en las dos localidades. 2017.

Tratamiento		Grado de incidencia	
		Cuya, Tejutla	San José Las Islas, San Marcos
1	Tabaré (Testigo)	6.3	7.0
2	Tabaré Auto injertado	9.8	9.3
3	Tabaré x Shelter	1.8	5.5
4	Tabaré x Endurance	6.2	8.3
5	Tabaré x Retana	5.2	9.0
6	Tabaré x Ipala	1.0	1.0
7	Atitlán (Testigo)	2.5	7.0
8	Atitlán Auto injertado	7.3	9.6
9	Atitlán x Shelter	3.2	3.6
10	Atitlán x Endurance	8.1	8.2
11	Atitlán x Retana	9.0	9.2
12	Atitlán x Ipala	2.0	2.0
13	Tolimán Testigo Absoluto	7.0	10

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

El tratamiento que presento bajo grado de incidencia es el genotipo Tabaré injertado sobre el portainjertos Ipala presentando una incidencia de 1 planta por cada 10 plantas, es importante recalcar que la planta únicamente presento la sintomatología de *R. solanacearum*, otro de los tratamientos con baja incidencia es el genotipo Atitlán injertado sobre el portainjertos Ipala, el efecto obtenido se debe principalmente a la acción de tolerancia del portainjerto Ipala F1.

Los valores obtenidos en el indicador de Incidencia estará estrechamente relacionado al valor obtenido en el grado de tolerancia obtenido, muchos de los tratamientos tienen la misma posición en el cuadro de incidencia que en el cuadro de tolerancia.

Los tratamientos con autoinjerto no obtuvieron buenos resultados, al ser de los tratamientos con mayor incidencia de *R. solanacearum*, los tratamientos que utilizaron como portainjertos al híbrido Retana en su mayoría tienen una incidencia mayor a 9, por lo que no se recomienda utilizar este tratamiento.

b) Incidencia virus TYLCV

La toma de datos para la variable de incidencia se realizó durante todo el ciclo de producción en las dos localidades, con intervalos de tres lecturas por semana, en la Tabla 14 se puede observar los resultados obtenidos de la evaluación de virus del Arrugamiento Amarillo de la Hoja del Tomate **TYLCV** para la unidad experimental localizada en aldea Cuya, Tejutla y en la Tabla 17 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de virus para la unidad experimental localizada en aldea San José Las Islas, San Marcos.

La incidencia para la localidad de Cuya, Tejutla se determinó por número de plantas que presentaban sintomatología del virus, el tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero tuvo una baja incidencia de esta enfermedad dentro de la parcela chica, conformado por 10 plantas, en la Tabla 14 se detallan los resultados obtenidos durante la fase de campo de la investigación obteniendo al testigo absoluto, Híbrido Tolimán F1, como el tratamiento con mayor incidencia de amarillamiento y encolochamiento de la hoja síntomas del Virus **TYLCV**.

Tabla 14: Porcentaje de Incidencia de virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en la aldea Cuya, del municipio de Tejutla, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	40	60	50
2 Tabaré Auto injertado	60	70	70
3 Tabaré x Shelter	70	70	50
4 Tabaré x Endurance	70	70	70
5 Tabaré x Retana	60	65	60
6 Tabaré x Ipala	45	45	50
7 Atitlán (Testigo)	10	10	10
8 Atitlán Auto injertado	10	10	10
9 Atitlán x Shelter	0	0	0
10 Atitlán x Endurance	15	10	10
11 Atitlán x Retana	0	10	10
12 Atitlán x Ipala	0	0	0
13 Tolimán Testigo Absoluto	80	90	80

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Mientras que los tratamientos con menor incidencia de esta enfermedad es el genotipo Atitlán, teniendo diferencias entre los tratamientos que utilizaron este genotipo, esto se debe a la compatibilidad del injerto y la relación del portainjertos con el genotipo.

Se aprecian los portainjertos de Shelter e Ipala injertados con Atitlán como los tratamientos con menor incidencia, presentando una incidencia igual al 0 por ciento, esto quiere decir que durante el desarrollo de la investigación del total de plantas por cada uno de estos tratamientos no presentaron síntomas característicos del virus TYLCV, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos.

Los tratamientos que utilizaron como genotipo a la variedad híbrida Tabaré no soportaron la presencia del virus transmitido por *B. tabaci* realizando el análisis de varianza, al cinco por ciento de significancia, se establecen los valores en porcentaje de incidencia a Virus del Encolochamiento Amarillo de la Hoja de Tomate, virus TYLCV, comprobando que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Tabla 15: Análisis de la varianza para la variable incidencia de virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	39	0.98	0.97	14.22

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34314.10	12	2 859. 51	103. 74	<0.0001
Tratamiento	34314.10	12	2 859. 51	103. 74	<0.0001
Error	716.67	26	27. 56		
Total	35030.77	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Se realizó una prueba de medias de Tuckey efectuado al 95 % de significancia, haciendo uso de la Tabla 16, se identifica al tratamiento 12 como el mejor tratamiento con baja incidencia de virus **TYLCV**.

Tabla 16: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Incidencia de virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

Tratamiento	Medias de incidencia	Grupo Tukey (0.05%)
12 Atitlán x Ipala	0.00	A
9 Atitlán x Shelter	0.00	A
11 Atitlán x Retana	6.67	A
8 Atitlán Auto injertado	10.00	A
7 Atitlán (Testigo)	10.00	A
10 Atitlán x Endurance	11.67	A
6 Tabaré x Ipala	46.67	B
1 Tabaré (Testigo)	50.00	B C
5 Tabaré x Retana	61.67	B C D
3 Tabaré x Shelter	63.33	C D
2 Tabaré Auto injertado	66.67	D
4 Tabaré x Endurance	70.00	D E
13 Tolimán Testigo Absoluto	83.33	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)		

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La incidencia del virus TYLCV para la localidad de San José las Islas al igual que en la localidad anterior se determinó por el número de plantas que presentaban sintomatología del virus, el tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero tuvo una baja incidencia de esta enfermedad dentro de la parcela chica, conformado por 10 plantas.

En la Tabla 17 se describe el porcentaje de incidencia de los tratamientos evaluados dentro de la investigación, obteniendo al tratamiento trece (Testigo absoluto), variedad híbrida de tomate: Tolimán F1, como el tratamiento con mayor incidencia del virus.

Mientras que el tratamiento doce presentó un menor grado comprobando la baja incidencia del genotipo Tabaré, presentando incidencia únicamente en una planta de 30 evaluadas, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos, especialmente los tratamientos que utilizaron al genotipo Tabaré tuvieron incidencias muy altas.

Tabla 17: Porcentaje de Incidencia de virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en la aldea San José Las Islas, del municipio de San Marcos. 2017

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	70	60	50
2 Tabaré Auto injertado	60	70	60
3 Tabaré x Shelter	75	70	75
4 Tabaré x Endurance	80	60	70
5 Tabaré x Retana	80	80	70
6 Tabaré x Ipala	50	35	50
7 Atitlán (Testigo)	30	30	38
8 Atitlán Auto injertado	25	20	25
9 Atitlán x Shelter	15	20	30
10 Atitlán x Endurance	22	25	25
11 Atitlán x Retana	30	40	35
12 Atitlán x Ipala	0	10	0
13 Tolimán Testigo Absoluto	100	100	100

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Los tratamientos que utilizaron a la variedad híbrida Atitlán como genotipo no fueron muy compatibles con el portainjerto, el portainjerto al estar enfermo de *R. solanacearum* posiblemente no absorbía por medio de la raíz los nutrientes y agua suficientes para que la planta en sí se pudiese recuperar.

Dentro de las dos localidades existe una variación en cuanto a la incidencia entre los mismos tratamientos esto debido a la incidencia de su principal vector, la mosca blanca ***B. tabaci***.

Obteniendo datos muy altos en la localidad de San José Las Islas, posiblemente al incremento de la temperatura interna y humedad relativa dentro del invernadero, creando un ambiente propicio para la proliferación del vector.

Realizando el análisis de varianza, en la Tabla 18 haciendo uso del 5 % de significancia, se establecen los valores en porcentaje de incidencia a virus **TYLCV** comprobando que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Tabla 18: Análisis de la varianza para la variable incidencia de virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	39	0.97	0.95	12.82

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27946.00	12	2328.83	60.63	<0.0001
Tratamiento	27946.00	12	2328.83	60.63	<0.0001
Error	998.67	26	38.41		
Total	28944.67	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar la información consignada se realizó una prueba de medias de Tuckey efectuada al 95 % de significancia, haciendo uso de la Tabla 19 se identifica al tratamiento doce como el mejor tratamiento con baja incidencia de virus TYLCV teniendo una media de incidencia del 3.33 %, seguido del tratamiento nueve con una media de incidencia del 21.67 %.

Tabla 19: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Incidencia de virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Tratamiento		Medias de incidencia	Grupo Tukey (0.05%)	
12	Atitlán x Ipala	3.33	A	
9	Atitlán x Shelter	21.67	A	B
8	Atitlán Auto injertado	23.33	B	
10	Atitlán x Endurance	24.00	B	
7	Atitlán (Testigo)	32.67	B	C
11	Atitlán x Retana	35.00	B	C
6	Tabaré x Ipala	45.00	C	D
1	Tabaré (Testigo)	60.00	D	E
2	Tabaré Auto injertado	63.33	D	E
4	Tabaré x Endurance	70.00	E	
3	Tabaré x Shelter	73.33	E	
5	Tabaré x Retana	76.67	E	
13	Tolimán Testigo Absoluto	100	F	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)				

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La Tabla 20 establece el valor estandarizado para la variable incidencia de virus del enrollamiento de la hoja amarilla de tomate, **TYLCV**.

La información obtenida mediante el número de plantas que presentaron síntomas de la enfermedad en comparación al número de plantas total por cada localidad y poder diferenciar cada uno de los tratamientos.

Se estandarizaron y re-escalieron los datos de las dos localidades con una escala comprendida del 0 al 9, tomando al 0 como valor de menor incidencia y al 10 como valor con una alta incidencia.

El tratamiento que presento bajo grado de incidencia es el genotipo Atitlán injertado sobre el portainjertos Ipala presentando una incidencia de 1 planta por cada 10 plantas, es importante recordar que para este indicador se considera a una planta dentro del rango si presenta síntomas de la enfermedad.

Tabla 20: Estandarización y re-escalamiento del porcentaje de incidencia de Virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en las dos localidades. 2017.

Tratamiento		Grado de incidencia	
		Cuya, Tejutla	San José Las Islas, San Marcos
1	Tabaré (Testigo)	5.0	6.0
2	Tabaré Auto injertado	6.67	6.3
3	Tabaré x Shelter	6.3	7.3
4	Tabaré x Endurance	7.0	7.0
5	Tabaré x Retana	6.17	7.67
6	Tabaré x Ipala	4.67	4.5
7	Atitlán (Testigo)	1.0	3.27
8	Atitlán Auto injertado	1.0	2.3
9	Atitlán x Shelter	1.0	2.17
10	Atitlán x Endurance	2.0	2.4
11	Atitlán x Retana	1.0	3.5
12	Atitlán x Ipala	1.0	1.0
13	Tolimán Testigo Absoluto	8.3	10

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

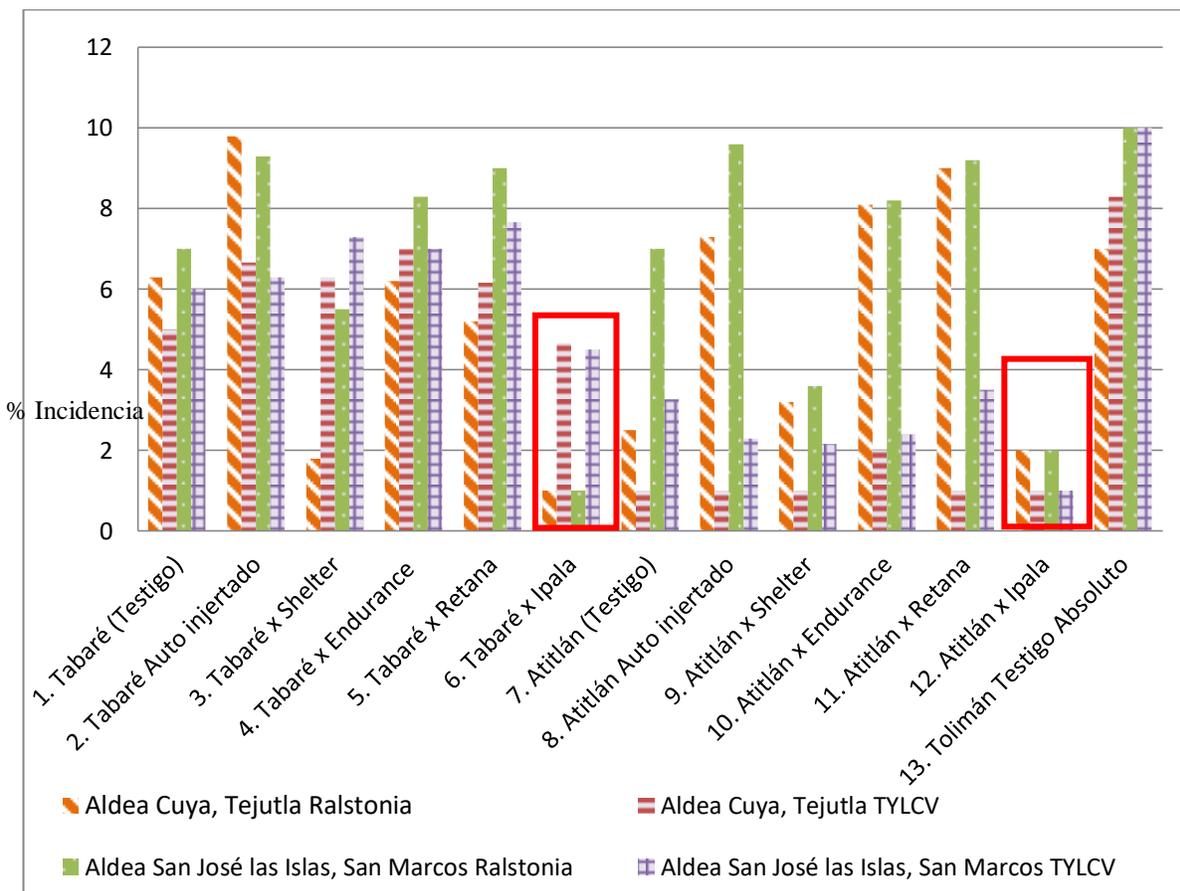
Otro de los tratamientos con baja incidencia es el genotipo Atitlán autoinjertado, el efecto obtenido se debe principalmente al efecto de la estimulación de la planta producto al estrés sometido al momento del injerto, estimulando el desarrollo de las raíces.

c) Análisis Incidencia

Para establecer un tratamiento que presente las mejores características, se utiliza como herramienta comparativa la Grafica 1:

La obtención de dos tratamientos con baja incidencia a estas dos enfermedades, comparándolos se puede determinar al **tratamiento 12** como el tratamiento con menor grado de incidencia de la enfermedad Marchitez bacteriana provocada por *R. solanacearum*, efecto del portainjertos utilizado.

Grafica 1: Análisis gráfico de los tratamientos con relación a la incidencia a *R. solanacearum* y virus TYLCV en las dos localidades



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

El tratamiento presenta baja incidencia del virus del encolochamiento amarillo de la hoja de tomate virus TYLCV, efecto de la utilización del genotipo Atitlán F1.

El efecto del injerto en este indicador fue la compatibilidad del injerto con la unión de estos dos materiales vegetales, estimulando el desarrollo radicular del portainjertos y la acción de síntesis de nutrientes del genotipo.

7.1.2. Severidad

a) Severidad *Ralstonia solanacearum*

La toma de datos para la variable de severidad se realizó durante todo el ciclo de producción en las dos localidades, con intervalos lecturas a cada tres días, en la Tabla 21 se puede observar los resultados obtenidos de la evaluación de *R. solanacearum* para la unidad experimental localizada en aldea Cuya, Tejutla y en la Tabla 24 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de la bacteria para la unidad experimental localizada en aldea San José Las Islas, San Marcos.

Tabla 21: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad marchitez bacteriana en los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	1303	1665	1980
2 Tabaré Auto injertado	2588	2885	2295
3 Tabaré x Shelter	1383	1705	1665
4 Tabaré x Endurance	1285	1705	1665
5 Tabaré x Retana	1355	1565	1410
6 Tabaré x Ipala	250	278	280
7 Atitlán (Testigo)	2265	2535	2652.5
8 Atitlán Auto injertado	2399	2535	2255
9 Atitlán x Shelter	3166	3085	3125
10 Atitlán x Endurance	1390	1430	1390
11 Atitlán x Retana	2953	3085	2950
12 Atitlán x Ipala	210	350	280
13 Tolimán Testigo Absoluto	1133	1120	1395

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En el cuadro anterior se aprecia el valor del área bajo la curva del proceso de la enfermedad de *R. solanacearum*, para determinar el material que manifestó menor severidad de la enfermedad evaluada se toman los datos que estén más cercanos a cero.

La severidad para la localidad de Cuya, Tejutla se determinó por la toma de datos, haciendo uso de la escala de severidad del 0 al 4, haciendo uso del AUDPC, el tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero tuvo una baja incidencia de esta enfermedad dentro de la parcela chica, conformado por 10 plantas, en la Tabla 21 se

detallan los resultados obtenidos durante la fase de campo de la investigación obteniendo al tratamiento 2 Variedad Tabaré auto injertada, como el tratamiento con una severidad de *R. solanacearum* mayor en comparación con el testigo del genotipo y testigo absoluto.

Mientras que los tratamientos que presentaron menor severidad de esta enfermedad son los tratamientos 6 genotipo Tabaré y tratamiento 12, genotipo Atilán, ambos injertados sobre el porta injertos Ipala, presentando una severidad en promedio del 250, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos.

Para el análisis se usaron las herramientas estadísticas, ingresando la información recopilada en campo, posteriormente analizada para conocer si existen diferencias significativas en cuanto a la severidad de la enfermedad en la localidad de Cuya, Tejutla. Realizando el análisis de varianza, al cinco por ciento de significancia, se establecen los valores en porcentaje de severidad de *R. solanacearum* sobre los tratamientos comprobando que existe diferencia significativa entre estos.

Tabla 22: Análisis de varianza para la variable severidad de marchitez bacteriana en unidades de AUDPC, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, municipio de Tejutla, San Marcos. 2017.

	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
	Incidencia	39	0.97	0.96	9.85

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30092148.31	12	2507679.03	82.59	<0.0001
Tratamiento	30092148.31	12	2507679.03	82.59	<0.0001
Error	789446.67	26	30363.33		
Total	30881594.97	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar de una mejor manera la información consignada se realiza una prueba de medias de Tuckey efectuada al 95% de significancia, haciendo uso de la Tabla 23 se identifica al tratamiento seis como el mejor tratamiento con baja severidad de marchitez bacteriana, seguido del tratamiento doce.

Tabla 23: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Severidad de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

	Tratamiento	Medias de severidad	Grupo Tukey (0.05%)
6	Tabaré x Ipala	269.33	A
12	Atitlán x Ipala	280.00	A
13	Tolimán Testigo Absoluto	1215.67	B
10	Atitlán x Endurance	1403.33	B
5	Tabaré x Retana	1443.33	B
4	Tabaré x Endurance	1551.67	B
3	Tabaré x Shelter	1584.00	B
1	Tabaré (Testigo)	1649.00	B
8	Atitlán Auto injertado	2396.00	C
7	Atitlán (Testigo)	2483.67	C D
2	Tabaré Auto injertado	2589.33	C D
11	Atitlán x Retana	2995.67	D E
9	Atitlán x Shelter	3125.33	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La severidad para la localidad de San José Las Islas al igual que en la localidad anterior se determinó por medio de la escala del 0 al 4, para el análisis se transforman los datos tomando como base el progreso de la enfermedad sobre la planta, en relación al periodo de tiempo.

El tratamiento que presenta el numero con mayor proximidad al cero tuvo una baja severidad de esta enfermedad dentro de la parcela chica, conformado por 10 plantas, la Tabla 24 describe la severidad de la bacteria sobre los tratamientos evaluados, obteniendo al tratamiento trece (Testigo absoluto) Variedad Tolimán, como el tratamiento con mayor severidad de *R. solanacearum*.

Mientras que los tratamientos 6 y 12 presentaron una baja severidad de la enfermedad, el tratamiento genotipos Tabaré y Atitlán injertados sobre el porta injertos Ipala, presentando severidad a valor de la escala 2. Los tratamientos auto injertados no soportaron el efecto de la enfermedad dentro del suelo.

Tabla 24: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad marchitez bacteriana en los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	2142.5	1665	2120
2 Tabaré Auto injertado	3007.5	3165	2855
3 Tabaré x Shelter	1382.5	1425	1665
4 Tabaré x Endurance	1845	1845	1945
5 Tabaré x Retana	1775	1705	1620
6 Tabaré x Ipala	390	557.5	280
7 Atitlán (Testigo)	2572.5	2465	2792.5
8 Atitlán Auto injertado	2552.5	2395	2255
9 Atitlán x Shelter	3306	3085	2985
10 Atitlán x Endurance	2535	2670	3400
11 Atitlán x Retana	3302.5	3085	2950
12 Atitlán x Ipala	490	560	630
13 Tolimán Testigo Absoluto	3975	4387.5	4250

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Mientras que los tratamientos con menor severidad de esta enfermedad son los genotipos Tabaré y Atitlán injertados sobre el porta injertos Ipala, presentando una severidad menor al 600, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos, otro de los tratamientos con poca incidencia es el genotipo Tabaré injertado sobre el porta injertos Shelter. Los tratamientos que utilizaron como porta injertos a la variedad Retana y Endurance no soportaron la presencia de la enfermedad dentro del suelo.

Dentro de las dos localidades existe una variación en cuanto a la severidad entre los mismos tratamientos esto debido a la concentración de la bacteria dentro del suelo, la diseminación de esta dentro del sistema de riego, el ingreso de personas y las condiciones climáticas de ambas localidades.

Realizando el análisis de varianza, en la Tabla 25 utilizando el cinco por ciento de significancia, se establecen los valores en porcentaje de severidad de *R. solanacearum* se comprueba la diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Tabla 25: Análisis de varianza para la variable severidad de marchitez bacteriana en unidades de AUDPC, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, municipio de San Marcos. 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	39	0.98	0.96	8.89

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	41329869.90	12	3444155.82	85.55	<0.0001
Tratamiento	41329869.90	12	3444155.82	85.55	<0.0001
Error	1046695.33	26	40257.51		
Total	42376565.23	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar de una mejor manera la información consignada se realiza una prueba de medias de Tuckey efectuada al 95% de significancia, haciendo uso de la Tabla 26 se identifica al tratamiento 6 y al tratamiento 12 como los mejores tratamientos con baja severidad de *R. solanacearum* teniendo una media de severidad para el tratamiento 6 del 409.33, seguido del tratamiento doce con una media de severidad del 560.

Tabla 26: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Severidad de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, municipio de San Marcos. 2017.

Tratamiento	Medias de severidad	Grupo Tukey (0.05%)
6 Tabaré x Ipala	409.33	A
12 Atitlán x Ipala	560.00	A
3 Tabaré x Shelter	1491.00	B
5 Tabaré x Retana	1700.00	B
4 Tabaré x Endurance	1878.33	B C
1 Tabaré (Testigo)	1976.00	B C
8 Atitlán Auto injertado	2401.00	C D
7 Atitlán (Testigo)	2610.33	D E
10 Atitlán x Endurance	2868.33	D E
2 Tabaré Auto injertado	3009.33	E
11 Atitlán x Retana	3112.67	E
9 Atitlán x Shelter	3125.33	E
13 Tolimán Testigo Absoluto	4204.33	F
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)		

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar detalladamente la información obtenida mediante el uso del área bajo la curva del progreso de la enfermedad por cada localidad, en la Tabla 27 se establece el valor estandarizado para la variable severidad de *R. solanacearum*

Tabla 27: Estandarización y re-escalamiento del porcentaje de severidad de marchitez bacteriana, sobre los tratamientos evaluados en las dos localidades. 2017.

Tratamiento		Grado de severidad	
		Cuya, Tejutla	San José Las Islas, San Marcos
1	Tabaré (Testigo)	3.3	4
2	Tabaré Auto injertado	5.2	6
3	Tabaré x Shelter	3.3	3
4	Tabaré x Endurance	3.1	3.8
5	Tabaré x Retana	2.9	3.4
6	Tabaré x Ipala	1	1
7	Atitlán (Testigo)	5	5.22
8	Atitlán Auto injertado	4.8	4.8
9	Atitlán x Shelter	6.2	6.2
10	Atitlán x Endurance	2.8	5.7
11	Atitlán x Retana	6	6.2
12	Atitlán x Ipala	1	2
13	Tolimán Testigo Absoluto	3	8

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

El tratamiento que presentó bajo grado de severidad a marchitez bacteriana es el cultivar Tabaré injertado sobre Ipala, presentando un grado de severidad de 1, otro de los tratamientos con baja severidad es el cultivar Atitlán injertado sobre Ipala, el efecto obtenido se debe principalmente a la acción de tolerancia del portainjerto. Los valores obtenidos en el indicador de Severidad está relacionado al valor obtenido en el grado de tolerancia obtenido, muchos de los tratamientos tienen la misma posición en el cuadro de severidad que en el cuadro de tolerancia, producto del efecto de la tolerancia en campo.

Los tratamientos con autoinjerto no obtuvieron buenos resultados, al ser de los tratamientos con mayor severidad de *R. solanacearum*, provocando en su mayoría la muerte de plantas, los tratamientos que utilizaron como portainjertos al híbrido Retana en su mayoría tienen una severidad mayor a 3, por lo que no se recomienda utilizar este tratamiento. En cuanto al testigo absoluto en la localidad de San José las Islas tuvo una severidad entre 3 y 8, en su mayoría la enfermedad arrasó con el cultivar.

a) Severidad virus TYLCV

La toma de datos para el indicador de severidad, se realizó durante todo el ciclo de producción en las dos localidades, con intervalos de lecturas cada tres días, en la Tabla 28 se pueden apreciar los resultados obtenidos de la evaluación de Virus del Arrugamiento Amarillo de la Hoja del Tomate TYLCV para la unidad experimental localizada en aldea Cuya, Tejutla y la Tabla 31 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de virus para la unidad experimental localizada en aldea San José las Islas, San Marcos.

Tabla 28: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad virus TYLCV en los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	1665	1665	1840
2 Tabaré Auto injertado	2447.5	2295	2424
3 Tabaré x Shelter	1804.5	1425	1753.75
4 Tabaré x Endurance	1908	1980	2003
5 Tabaré x Retana	1503	1700	1805.5
6 Tabaré x Ipala	1110	1287.5	1132.5
7 Atitlán (Testigo)	1307.5	1285	1335
8 Atitlán Auto injertado	1115	1290	1308
9 Atitlán x Shelter	0	0	0
10 Atitlán x Endurance	1270	1357.5	1407.5
11 Atitlán x Retana	0	1102.5	1200
12 Atitlán x Ipala	0	0	0
13 Tolimán Testigo Absoluto	3975	4112.5	4500.5

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En el cuadro anterior se aprecia el valor del Área bajo la curva del proceso de la enfermedad del virus TYLCV, para determinar el material que manifestó menor severidad de la enfermedad evaluada se toman los datos que estén más cercanos a cero.

La severidad para la localidad de Cuya, Tejutla se determinó por el grado de avance de la enfermedad, tomando como base la escala del 0 al 4, el tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero tuvo una baja severidad de esta enfermedad, conformado por 10 plantas, en la Tabla 28 se detallan los resultados obtenidos durante la fase de campo obteniendo al testigo absoluto, Híbrido Tolimán F1, como el tratamiento padeciendo de amarillamiento y encolochamiento de la hoja, síntomas del Virus TYLCV.

Mientras que los tratamientos con menor severidad de esta enfermedad es el genotipo Atitlán, teniendo diferencias entre los tratamientos que utilizaron este genotipo, esto se debe a la compatibilidad del injerto y la relación del portainjertos con el genotipo.

Se aprecian los portainjertos de Shelter e Ipala injertados con Atitlán como los tratamientos con menor severidad, presentando una severidad igual al 0, esto quiere decir que durante el desarrollo de la investigación el virus TYLCV no presentó ninguno de los síntomas, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos.

Realizando el análisis de varianza, al cinco por ciento de significancia, se establecen los valores en porcentaje de incidencia a Virus del Encolochamiento Amarillo de la Hoja de Tomate, virus TYLCV, comprobando que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Tabla 29: Análisis de varianza para la variable severidad del virus TYLCV en unidades de AUDPC, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, municipio de Tejutla, San Marcos. 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	39	0.97	0.96	14.72

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40939128.92	12	3411594.08	70.46	<0.0001
Tratamiento	40939128.92	12	3411594.08	70.46	<0.0001
Error	1258904.67	26	48419.41		
Total	42198033.59	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar de una mejor manera la información consignada se realiza una prueba de medias de Tuckey efectuada al 95% de significancia, haciendo uso de la Tabla 30 se identifica al tratamiento 12 como el mejor tratamiento con baja severidad del virus TYLCV, seguido del tratamiento nueve.

Tabla 30: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Severidad del virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

	Tratamiento	Medias de severidad	Grupo Tukey (0.05%)
12	Atitlán x Ipala	0.00	A
9	Atitlán x Shelter	0.00	A
11	Atitlán x Retana	767.67	B
6	Tabaré x Ipala	1177.00	B C
8	Atitlán Auto injertado	1237.67	B C
7	Atitlán (Testigo)	1309.33	B C
10	Atitlán x Endurance	1345.33	B C D
3	Tabaré x Shelter	1661.33	C D
5	Tabaré x Retana	1669.67	C D
1	Tabaré (Testigo)	1723.33	C D
4	Tabaré x Endurance	1963.67	D E
2	Tabaré Auto injertado	2389.00	E
13	Tolimán Testigo Absoluto	4196.33	F
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La severidad del virus TYLCV para la localidad de San José Las Islas al igual que en la localidad anterior se determinó por la escala propuesta, para utilizarla posteriormente para determinar el área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

El tratamiento que presenta el número con mayor proximidad al cero manifestó una baja severidad de la enfermedad dentro de la parcela chica, cada parcela conformado por 10 plantas, en la Tabla 31 se describe el grado de severidad de cada uno de los tratamientos evaluados dentro de la investigación, obteniendo al tratamiento trece (Testigo absoluto), variedad híbrida de tomate: Tolimán F1, como el tratamiento con mayor grado de severidad del virus.

Mientras que el tratamiento doce presentó un menor grado comprobando el bajo grado de severidad del genotipo Atitlán, presentando severidad únicamente en un grado de 700, en comparación a los testigos de cada uno de estos tratamientos.

Tabla 31: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad virus TYLCV en los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	2080	2287.5	2325
2 Tabaré Auto injertado	2587.5	3008	2707.5
3 Tabaré x Shelter	2552.5	2485	2625
4 Tabaré x Endurance	2712.5	2780	2540
5 Tabaré x Retana	2938	3215	2999
6 Tabaré x Ipala	2257.5	2277.5	2052.5
7 Atitlán (Testigo)	1545	1997.5	1335
8 Atitlán Auto injertado	1115	1290	1308
9 Atitlán x Shelter	1912.5	1780	1200
10 Atitlán x Endurance	1270	1501.5	1342.5
11 Atitlán x Retana	1270	1452.5	1366.5
12 Atitlán x Ipala	0	700	0
13 Tolimán Testigo Absoluto	3975	4112.5	4500.5

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La toma de datos del grado de severidad en cada uno de los tratamientos se realizó con el apoyo de una escala grafica que facilitaba el procedimiento. Dentro de las dos localidades existe una variación en cuanto al grado de severidad entre los mismos tratamientos esto debido al progreso de esta enfermedad, obteniendo datos muy altos en la localidad de San José Las Islas, posiblemente por el incremento de la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero, creando un ambiente propicio para la proliferación de *B. tabaci*

Tabla 32: Análisis de varianza para la variable severidad del virus TYLCV en unidades de AUDPC, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, municipio de San Marcos. 2017.

	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
	Incidencia	39	0.97	0.95	10.72
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36161618.73	12	3013468.23	60.20	<0.0001
Tratamiento	36161618.73	12	3013468.23	60.20	<0.0001
Error	1301602.17	26	50061.62		
Total	37463220.90	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Realizando una prueba de medias de Tuckey, efectuada al 95 % de significancia, haciendo uso de la Tabla 33 se identifica al tratamiento doce como el mejor tratamiento con bajo grado de severidad del virus TYLCV teniendo una media de severidad del 233.33, en base a lo contenido en este análisis se determinara el mejor material de tomate con bajo grado de severidad de *R. solanacearum* y del virus TYLCV.

Tabla 33: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable Severidad del virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, municipio de San Marcos. 2017.

	Tratamiento	Medias de severidad	Grupo Tukey (0.05%)
12	Atitlán x Ipala	233.33	A
8	Atitlán Auto injertado	1 237.67	B
11	Atitlán x Retana	1 363.33	B
10	Atitlán x Endurance	1 371.67	B
7	Atitlán (Testigo)	1 626.00	B C
9	Atitlán x Shelter	1 631.00	B C
6	Tabaré x Ipala	2 196.33	C D
1	Tabaré (Testigo)	2 231.00	C D
3	Tabaré x Shelter	2 554.33	D E
4	Tabaré x Endurance	2 677.67	D E
2	Tabaré Auto injertado	2 768.00	D E
5	Tabaré x Retana	3 050.67	E
13	Tolimán Testigo Absoluto	4 196.33	F
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Para analizar detalladamente la información obtenida mediante el uso del área bajo la curva del progreso de la enfermedad por cada localidad, diferenciando cada uno de los tratamientos.

Se estandarizaron y re-escalonaron los datos de las dos localidades con una escala comprendida del 0 al 9, tomando al 0 como valor de menor grado de severidad y al 10 como valor con un alto grado de severidad, en la Tabla 34 se establece el valor estandarizado para el indicador severidad del virus TYLCV.

Tabla 34: Estandarización y re-escalamiento del grado de severidad del virus TYLCV, sobre los tratamientos evaluados en las dos localidades. 2017.

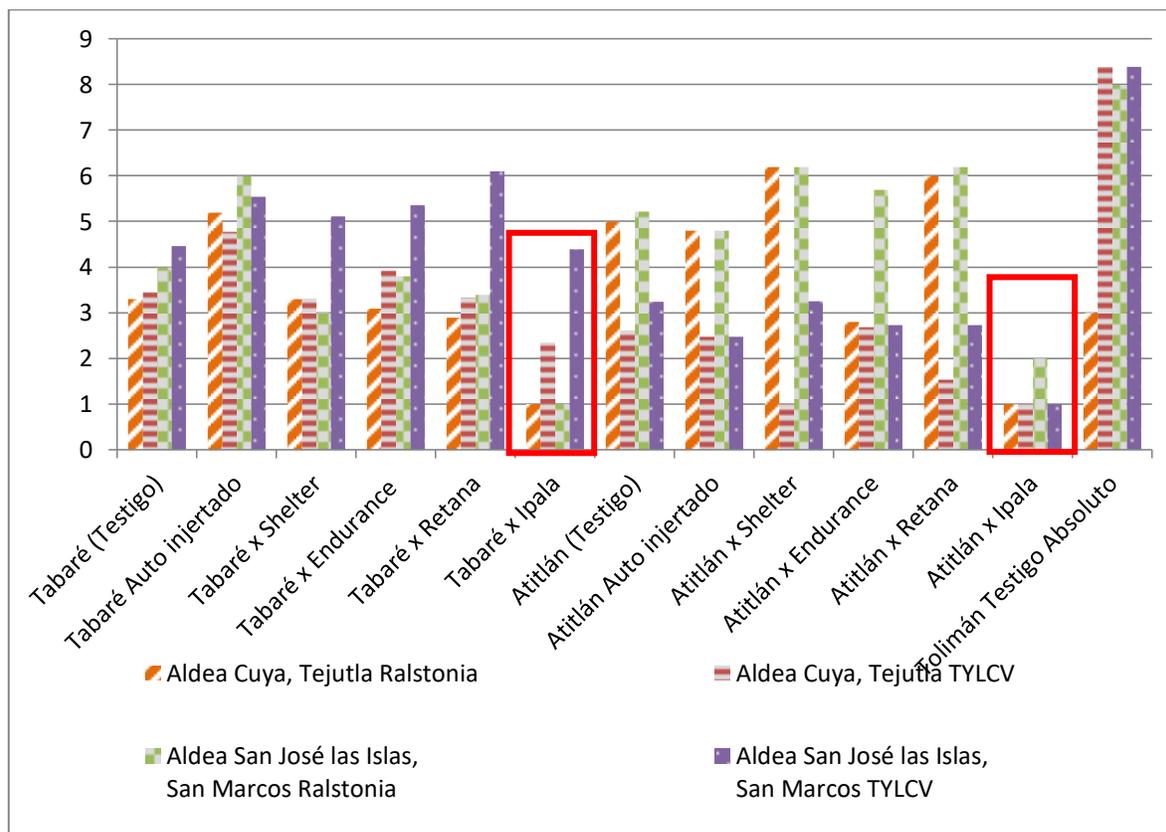
Tratamiento		Grado de severidad	
		Cuya, Tejutla	San José Las Islas, San Marcos
1	Tabaré (Testigo)	3. 45	4. 46
2	Tabaré Auto injertado	4. 78	5. 54
3	Tabaré x Shelter	3. 32	5. 11
4	Tabaré x Endurance	3. 93	5. 36
5	Tabaré x Retana	3. 34	6. 10
6	Tabaré x Ipala	2. 35	4. 39
7	Atitlán (Testigo)	2. 62	3. 25
8	Atitlán Auto injertado	2. 48	2. 48
9	Atitlán x Shelter	1. 00	3. 26
10	Atitlán x Endurance	2. 69	2. 74
11	Atitlán x Retana	1. 54	2. 73
12	Atitlán x Ipala	1. 00	1. 00
13	Tolimán Testigo Absoluto	8. 39	8. 39

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

El tratamiento que presentó bajo grado de severidad es el genotipo Atitlán injertado sobre el portainjertos Ipala presentando un grado de severidad 1, otro de los tratamientos con bajo grado de severidad es el genotipo Atitlán injertado sobre el portainjertos Shelter, el efecto obtenido se debe principalmente a la estimulación de la planta, producto de someterla a condiciones de estrés al momento del injerto, estimulando el desarrollo de las raíces. Los tratamientos que utilizaron Tabaré como genotipo no obtuvieron buenos resultados, al ser de los tratamientos con mayor grado de ataque del virus TYLCV, el testigo absoluto en las dos localidades manifestó una alta severidad provocada por virus TYLCV, por lo que no se recomienda utilizar este tratamiento.

Para establecer un tratamiento que presente las mejores características relacionadas a un bajo grado de severidad, se utiliza como herramienta comparativa la Grafica 2 colocando los valores de los cuadros con estandarización y re-escalamiento de resultados del grado de severidad de la enfermedad marchitez bacteriana y el grado de severidad a virus TYLCV, obtenidos en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos. Obteniendo el siguiente análisis:

Grafica 2: Análisis grafico de los tratamientos con relación a la severidad de marchitez bacteriana y virus TYLCV en las dos localidades



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En base a lo observado se puede apreciar la obtención de dos tratamientos con bajo grado de severidad a estas dos enfermedades, comparándolos se puede determinar al **tratamiento 12** como el tratamiento con menor grado de severidad de la enfermedad Marchitez bacteriana provocada por *R. solanacearum*.

El éxito del efecto del injerto en este indicador fue la compatibilidad del injerto con la unión de estos dos materiales vegetales, estimulando el desarrollo radicular del portainjertos y la acción de síntesis de nutrientes del genotipo.

En base a lo analizado se recomienda el uso de este tratamiento en terrenos con antecedentes del ataque severo de marchitamiento bacteriano, provocado por marchitez bacteriana y a la vez con alto grado de incidencia de virus TYLCV, transmitida por mosca blanca (*B. tabaci*).

7.2. Rendimiento

El rendimiento del cultivo de tomate depende de la tolerancia a enfermedades, correcto desarrollo vegetativo y asimilación a nutrientes, para el análisis de esta variable de respuesta se transformaron los datos obtenidos en campo, traduciéndose a kilogramos por hectárea, tomando como base frutos de tomate con un diámetro mayor a 2.5 centímetros, la Tabla 35 muestra los rendimientos obtenidos en la localidad de Cuya, Tejutla.

Tabla 35: Rendimiento en kilogramos por hectárea, de los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	101222.024	107595.73	94848.318
2 Tabaré Auto injertado	55343.962	57174.036	56353.658
3 Tabaré x Shelter	120090.718	113780.118	117755.796
4 Tabaré x Endurance	107532.624	113906.33	106081.186
5 Tabaré x Retana	110435.5	101158.918	107721.942
6 Tabaré x Ipala	138833.2	134857.522	148488.418
7 Atitlán (Testigo)	60140.018	56353.658	62916.682
8 Atitlán Auto injertado	64620.544	67144.784	69416.6
9 Atitlán x Shelter	72571.9	79324.242	68091.374
10 Atitlán x Endurance	71625.31	71625.31	71625.31
11 Atitlán x Retana	63926.378	66766.148	62222.516
12 Atitlán x Ipala	88537.718	79829.09	85382.418
13 Tolimán Testigo Absoluto	44174.2	44174.2	44174.2

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La producción de tomate dependió de la tolerancia de cada tratamiento a las enfermedades presentes en la unidad productiva, se aprecia algunos tratamientos que mantuvieron una producción a pesar de la severidad de las enfermedades, el tratamiento 6 presentó una producción mayor a los 138 833. 22 kilogramos por hectárea de cultivo. Los testigos Tabaré y Atitlán mantuvieron un rendimiento considerable, sobresaliendo el tratamiento Tabaré como una variedad híbrida con buena producción.

Realizando el análisis de varianza, en la Tabla 36 haciendo uso del 5 % de significancia se establecen los valores para la variable de respuesta: rendimiento, comprobando que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Tabla 36: Análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de los tratamientos evaluados en aldea Cuya, municipio de Tejutla, San Marcos. 2017.

	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
	Incidencia	39	0.99	0.98	4.81

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28 904 628 116. 41	12	2408719009.70	146. 22	<0.0001
Tratamiento	28 904 628 116. 41	12	2408719009.70	146. 22	<0.0001
Error	428 299 862. 67	26	16473071.64		
Total	29 332 927 979. 08	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Realizando una prueba de medias de Tuckey, efectuada al 95 % de significancia, haciendo uso de la Tabla 37 se identifica al tratamiento seis como el mejor tratamiento con una media de rendimiento de 140 726. 33 kg/ha, en base a lo contenido en este análisis se determina este tratamiento con mayor rendimiento, manteniendo una producción aceptable, a pesar de la presencia de *R. solanacearum* e incidencia de virus TYLCV.

Tabla 37: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, sobre los tratamientos evaluados en aldea Cuya, Tejutla, San Marcos. 2017.

	Tratamiento	Medias de rendimiento (kg/ha)	Grupo Tukey (0.05%)
6	Tabaré x Ipala	140726.33	A
3	Tabaré x Shelter	117209.00	B
4	Tabaré x Endurance	109173.33	B C
5	Tabaré x Retana	106439.00	B C
1	Tabaré (Testigo)	101222.00	C
12	Atitlán x Ipala	84583.00	D
9	Atitlán x Shelter	73329.00	D E
10	Atitlán x Endurance	71625.00	E F
8	Atitlán Auto injertado	67061.00	E F G
11	Atitlán x Retana	64305.00	E F G
7	Atitlán (Testigo)	59803.67	F G
2	Tabaré Auto injertado	56290.67	G
13	Tolimán Testigo Absoluto	44174.00	H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Analizando esta variable de respuesta, al igual que el análisis de la localidad anterior, se procedió a transformar los datos obtenidos en campo, transformándolos a kilogramos por hectárea, tomando como base los frutos de tomate con un diámetro mayor a 2.5 centímetros, la Tabla 38 muestra los rendimientos obtenidos en la localidad de San José Las Islas, San Marcos.

Tabla 38: Rendimiento en kilogramos por hectárea, de los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Tratamiento	BLOQUE		
	I	II	III
1 Tabaré (Testigo)	87717.34	88348.4	72571.9
2 Tabaré Auto injertado	18931.8	28397.7	18931.8
3 Tabaré x Shelter	110435.5	113590.8	100969.6
4 Tabaré x Endurance	104124.9	94659	88348.4
5 Tabaré x Retana	97814.3	82037.8	94659
6 Tabaré x Ipala	126527.53	113906.33	135677.9
7 Atitlán (Testigo)	53640.1	58688.58	56795.4
8 Atitlán Auto injertado	63106	54902.22	50484.8
9 Atitlán x Shelter	69416.6	72571.9	59950.7
10 Atitlán x Endurance	59950.7	63106	47329.5
11 Atitlán x Retana	54902.22	59950.7	52377.98
12 Atitlán x Ipala	82037.8	75727.2	69416.6
13 Tolimán Testigo Absoluto	9465.9	6310.6	0

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Los tratamientos que utilizaron el genotipo Atitlán en esta localidad mantuvieron muy bajos rendimientos, debido principalmente al aumento e incidencia de virus TYLCV, teniendo tomate muy pequeño no apto para un mercado formal, en el caso del testigo absoluto no logro alcanzar un rendimiento aceptable estando muy por debajo del promedio general de rendimiento e incluso en una de los bloques no se obtuvo producción alguna, los tratamientos autoinjertados no tuvieron rendimientos aceptables por lo que se descarta el uso de estos materiales para la producción de tomate a nivel comercial.

Realizando el análisis de varianza, en la Tabla 39 haciendo uso del 5 % de significancia, se establecen los valores para la variable de respuesta: rendimiento, comprobando que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Tabla 39: Análisis de varianza para variable rendimiento en kilogramos por hectárea de los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, municipio de San Marcos. 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	39	0.97	0.95	10.17

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39292311423.64	12	3274359285.30	66.17	<0.0001
Tratamiento	39292311423.64	12	3274359285.30	66.17	<0.0001
Error	1286630151.33	26	49485775.05		
Total	40578941574.97	38			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Realizando una prueba de medias de Tuckey, efectuada al 95 % de significancia, haciendo uso de la Tabla 40 se identifica al tratamiento seis como el mejor tratamiento con una media de rendimiento de 125 370. 67 kg/ha, en base a lo contenido en este análisis este tratamiento posee una producción aceptable, a pesar de la presencia de *R. solanacearum* e incidencia de virus **TYLCV**.

Tabla 40: Pruebas de comparación de medias de Tukey (0.05%), para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, sobre los tratamientos evaluados en aldea San José Las Islas, departamento de San Marcos. 2017.

Tratamiento	Medias de rendimiento (kg/ha)	Grupo Tukey (0.05%)
6 Tabaré x Ipala	125370.67	A
3 Tabaré x Shelter	108332.33	A B
4 Tabaré x Endurance	95710.67	B C
5 Tabaré x Retana	91503.67	B C
1 Tabaré (Testigo)	82879.00	C D
12 Atitlán x Ipala	75727.33	C D E
9 Atitlán x Shelter	67313.33	D E
10 Atitlán x Endurance	56795.67	E
7 Atitlán (Testigo)	56374.67	E
8 Atitlán Auto injertado	56164.33	E
11 Atitlán x Retana	55743.67	E
2 Tabaré Auto injertado	22087.33	F
13 Tolimán Testigo Absoluto	5259.00	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

7.2.1. Relación Beneficio / Costo

Un tratamiento puede ser el mejor en cuanto a tolerancia a enfermedades, en ocasiones no se consideran los costos de la producción de este, solo se observan los ingresos obtenidos, se realiza el análisis a través de una comparación del costo/beneficio, descritos en la Tabla 41.

Tabla 41: Relación beneficio costo por hectárea de los tratamientos evaluados, en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos. 2017.

COSTOS POR HECTAREA		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Arrendamiento		Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85 000.00	Q85000.00	Q85 000.00
INSUMOS	Pilón	Q15 640.00	Q41 480.00	Q42 160.00	Q40 800.00	Q36 448.00	Q38 080.00	Q11 696.00	Q30 736.00	Q38 216.00	Q36 856.00	Q32 504.00	Q34136.00	Q8 840.00
	Agroquímicos	Q47 872.00	Q37 332.00	Q37 332.00	Q37 332.00	Q37 332.00	Q37 332.00	Q46 342.00	Q35 802.00	Q35 802.00	Q35 802.00	Q35 802.00	Q35802.00	Q47 872.00
	Fertilizantes	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68 986.00	Q68986.00	Q68 986.00
	Cobertor	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28 900.00	Q28900.00	Q28 900.00
	Tutorado	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33 150.00	Q33150.00	Q33 150.00
Agua de riego		Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8 500.00	Q8500.00	Q8 500.00
MANO DE OBRA	Preparación del suelo	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6 800.00	Q6800.00	Q6 800.00
	Siembra	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3400.00	Q3 400.00
	Tutorado	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3 400.00	Q3400.00	Q3 400.00
	Aplicación agroquímicos	Q27200.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q20 400.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13600.00	Q27 200.00
	Podas	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10 200.00	Q10200.00	Q10 200.00
	Aplicación fertilizantes	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20400.00	Q20 400.00
	Cosecha	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q13 600.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20 400.00	Q20400.00	Q6 800.00
TOTAL		Q373048.00	Q374 748.00	Q375 428.00	Q374 068.00	Q369 716.00	Q371 348.00	Q367 574.00	Q369 274.00	Q376 754.00	Q375 394.00	Q371 042.00	Q372 674.00	Q359 448.00
INGRESOS POR HECTAREA		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Rendimiento Cajas/Invernadero		4182	2184	4547	4235	4129	5459	2320	2601	3298	2778	2495	3910	1714
Precio estandarizado		Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00	Q100.00
Ingreso total / Invernadero		Q418 200.00	Q218 361.60	Q454 675.20	Q423 504.00	Q412 896.00	Q545 904.00	Q231 988.80	Q260 140.80	Q329 800.00	Q277 848.00	Q249 451.20	Q391 000.00	Q171 360.00
Ganancia neta		Q45 152.00	-Q156 386.40	Q79 247.20	Q49 436.00	Q43 180.00	Q174 556.00	-Q135 585.20	-Q109 133.20	-Q46 954.00	-Q97 546.00	-Q121 590.80	Q18 326.00	-Q188 088.00
Análisis económico		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Relación Beneficio / costo		1.12	0.58	1.21	1.13	1.12	1.47	0.63	0.70	0.88	0.74	0.67	1.05	0.48

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La Tabla 41 permite analizar de mejor manera cada uno de los tratamientos con su costo de producción y el beneficio que conlleva la producción, podemos observar que el tratamiento 6, genotipo Tabaré injertado sobre el portainjerto Ipala, tiene un beneficio del 1.47, esto quiere decir que por una hectárea de cultivo utilizando este tratamiento obtendremos una ganancia de Q 174 556.00; realizando una comparación con los testigos Tabaré con una relación del 1.12, el testigo Atitlán con una relación del 0.63 y del testigo absoluto Tolimán F1 con una relación del 0.48 podemos percatarnos de la importancia de utilizar variedades con resistencia a enfermedades del suelo, apoyándolas también con la utilización de variedades con resistencia a Virus transmitido por vectores, tenemos la capacidad de crear materiales rentables que aumenten la producción, asegurando la inversión económica.

7.5. Análisis de la inversión

Para determinar el mejor tratamiento de esta investigación se realiza a continuación un cuadro comparativo, analizando cada uno de los datos de referencia de cada una de las variables de respuesta, excluyendo únicamente la variable “características agronómicas”.

Tabla 42: Análisis de resultados de los tratamientos evaluados en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos. 2017.

Tratamiento	Tolerancia		Rendimiento (kg/ha)	Beneficio Económico
	Ralstonia	TYLCV		
6 Tabaré x Ipala	1.75	5.535	133048.48	1.47
12 Atitlán x Ipala	2.79	1.8	80155.14	1.05
3 Tabaré x Shelter	4.515	6.865	112770.42	1.21
9 Atitlán x Shelter	5.69	2.995	70321.12	0.88
7 Atitlán (Testigo)	5.7	3.915	58089.07	0.63
8 Atitlán Auto injertado	6.795	3.36	61612.49	0.7
10 Atitlán x Endurance	6.55	3.88	64210.35	0.74
11 Atitlán x Retana	7.285	3.44	60024.32	0.67
1 Tabaré (Testigo)	5.925	6.23	92050.62	1.12
5 Tabaré x Retana	5.855	7.075	98971.24	1.12
4 Tabaré x Endurance	6.04	7.125	102442.07	1.13
2 Tabaré Auto injertado	7.275	7.13	39188.83	0.58
13 Tolimán Testigo Absoluto	7	9.2	24716.52	0.48

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

8. Conclusiones

1. La utilización de materiales con alto grado de tolerancia a enfermedades, como el tratamiento 6 (Variedad híbrida Tabaré RZ injertado sobre Ipala F1), presentan alta tolerancia a marchitez bacteriana y tolerancia intermedia al virus **TYLCV** en comparación con el testigo, teniendo materiales con tolerancia a *R. solanacearum* y virus **TYLCV**, con buen rendimiento y muy buena rentabilidad, se aceptan las hipótesis propuestas para este estudio.
2. El rendimiento del tratamiento 6 (Variedad híbrida Tabaré RZ injertado sobre Ipala F1), con producción de 133 048.48 kilogramos de tomate por hectárea de terreno, es superior al testigo (Variedad híbrida Tolimán F1) que obtuvo bajos rendimientos, efecto principalmente del ataque de las enfermedades estudiadas, llegando a casi el 100% de la incidencia de *R. Solanacearum*.
3. El beneficio económico que la producción generó, permite conocer al tratamiento 6 como el más rentable, con un beneficio arriba del 1.47, en comparación con el tratamiento 12 que al igual que el tratamiento 6 (Variedad híbrida Tabaré RZ injertado sobre Ipala F1), posee un alto grado de tolerancia a enfermedades pero no posee una rentabilidad atractiva y su beneficio económico está por debajo del 1.05

9. Recomendaciones

Para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero, con presencia de *R. solanacearum* e historial de ingreso de *B. tabaci* vector del Virus del Encolochamiento Amarillo de la Hoja de Tomate, virus TYLCV. Se recomienda la utilización de material híbrido Tabaré utilizado como genotipo injertado sobre Ipala como portainjerto, este material presento una tolerancia de 1.75 para marchitez bacteriana y tolerancia de 5.53 para virus TYLCV, con rendimiento promedio de 133 048. 48 kg/ha, con 1.47 de relación costo - beneficio.

Validar el híbrido Tabaré utilizado como genotipo injertado sobre Ipala como portainjerto, para conocer su estabilidad ambientales en otras condiciones climáticas y edáficas, además del rendimiento y la rentabilidad bajo manejo del agricultor.

Evaluar los materiales híbridos: Tabaré utilizado como genotipo injertado sobre Ipala como portainjerto o híbrido Atitlán utilizado como genotipo injertado sobre Ipala como portainjerto, para conocer su efecto ante varias localidades para tener una mayor diversidad de materiales que estén al servicio del agricultor, con tolerancia a enfermedades como *R. solanacearum* y virus TYLCV, de alto rendimiento y beneficio económico.

Continuar con investigación es para conocer sobre otros posibles efectos que se puedan tener derivado del uso de materiales injertados, con la finalidad de generar materiales tolerantes que contribuyan al incremento de la producción del cultivo de tomate disminuyendo el uso de agroquímicos, disminuyendo costos de producción sin comprometer la producción y la rentabilidad.

10. Bibliografía

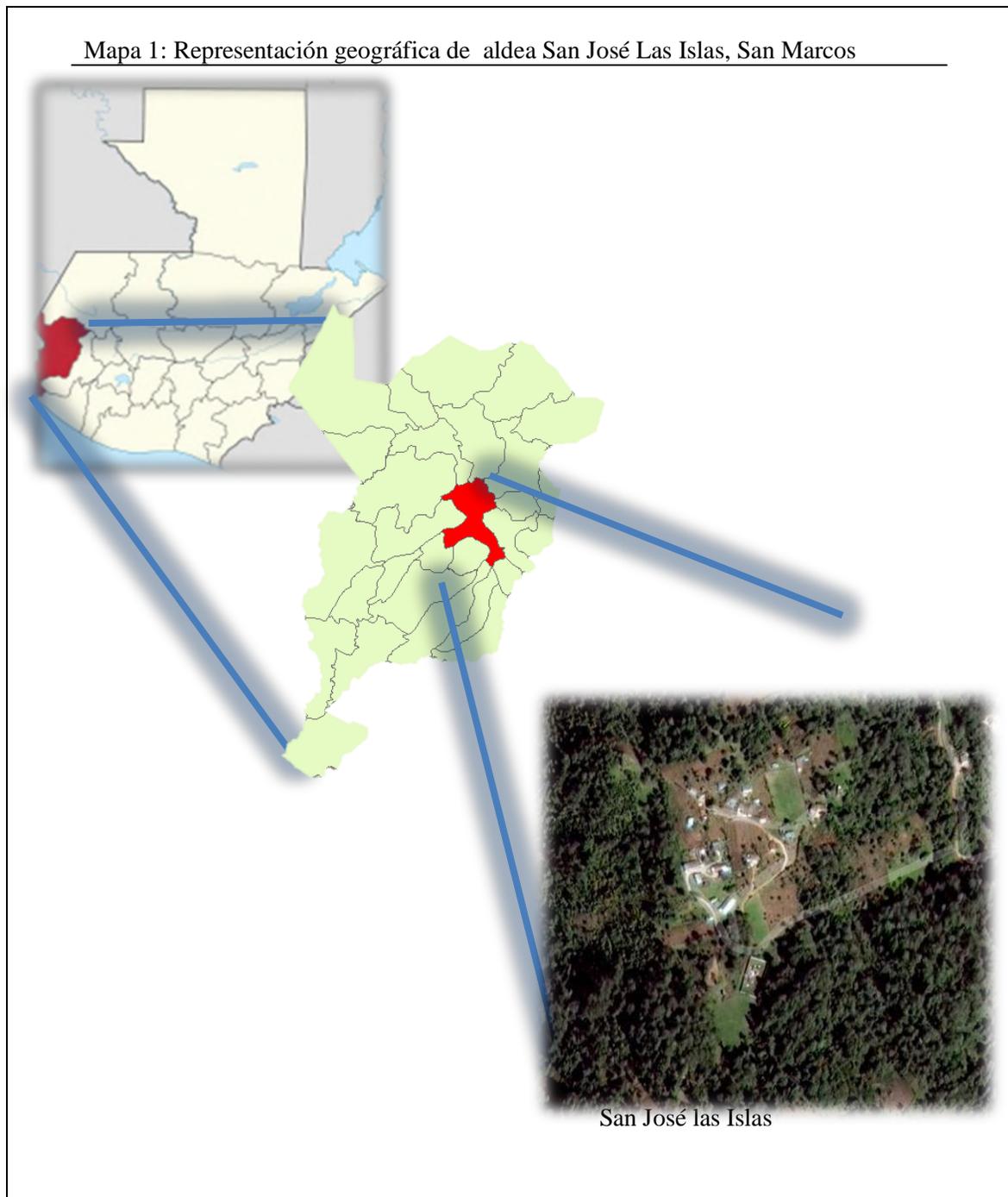
1. Aristondo, W. J. 2015. Evaluación de la tolerancia a marchitez bacteriana, Causada por *Ralstonia solanacearum* e.f. Smith, de dos Porta injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L), bajo condiciones protegidas de casa Malla, en el municipio de Camotán, Chiquimula, 2014. Licenciatura tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala
2. Blancard, D. 1996. Enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa, INRA.
3. CIMMYT (Centro de Investigación y Mejoramiento de Maíz y Trigo, CR). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos Agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México. p. 30 — 31.
4. Costa J M, E Huevelink. 2005. The tomato crop and industry. *In*: Tomatoes. E Huevelink (ed). CABI Publishing. Massachusetts, USA. 325 p.
5. Díaz B., V. 1994. Evaluación del efecto fungicida y/o bactericida de extractos del árbol de cuachalalate (*Amphyterygiu madstringensis* S.) mediante antibiogramas y bioensayos *in vitro*. pp. 45. *In*: Memorias del XXI Congreso Nacional de Fitopatología. Cuernavaca, Morelos, México.
6. Elphinstone JG. 2005. The current bacterial wilt situation: A global view. Pp.: 9-28. *In*: Allen C, Prior P and Hayward AC (eds.). *Bacterial Wilt Disease and the Ralstonia solanacearum Species Complex*. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 528p.
7. Elphinstone JG, Hennessy J, Wilson JK and Stead DE. 1996. Sensitivity of different methods for the detection of *Ralstonia solanacearum* in potato tuber extracts. *EPPO Bulletin* 26:663-678.
8. Esau K. (1985) *Anatomía de las Plantas con Semilla*. Traducido al Español por: P A Izaguirre, A A M Laguardia. Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires, Argentina. 550 p.
9. Fegan M and Prior P. 2005. How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex? Pp.: 449-461. *In*: Allen C, Prior P and Hayward AC (eds.). *Bacterial Wilt: The Disease and the Ralstonia solanacearum Species Complex*. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 528p.
10. Flores, C.; Bueno, S.; Giorgini, S. 2012. *Enfermedades de tomate: guía de consulta* 1a ed. Ediciones INTA. Yuto, Argentina. 18 p.
11. Godoy-Hernández, A., J. Z. Castellanos-Ramos, G. Alcanzar-González, M. Sandoval-Villa, y J. J. Muñoz-Ramos. 2008. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana* 27: 1-11.
12. González, E. 2016. Fortalecimiento de las capacidades de consorcios locales de investigación agrícola. Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate. Quetzaltenango, Guatemala, Grupos gestores. pp 22-23. (Serie técnica). Informe técnico n.º 5.

13. Hartman H T, D E Kester. 1984. Propagación de Plantas. Continental, S.A. de C.V., México. 915 p.
14. Hilje, L. 2014. Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en costa rica. Unidad de Fitoprotección, CATIE. Turrialba, Costa Rica No. 61 pp80
15. Interempresas (Revista Interempresas, México). 2010. Interempresas Los invernaderos: estado de la tecnología (en línea, sitio web). Consultado 23 feb. 2017. Disponible en <http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/32920-Los-invernaderos-estado-de-la-tecnologia.html>
16. Izaguirre De León, LF. 2008. Epidemiología de la marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. en el oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 82 p.
17. Jerónimo Tahuico, VA. 2009. Apoyo técnico al proyecto de investigación FAUSAC-AGROCYT 032-2004: Evaluación agrotécnica y económica de tres diseños de estructuras de protección (invernaderos) en cultivos hortícolas para áreas intertropicales, en el centro experimental docente de la facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Lic. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 148 p.
18. Ji P, Allen C, Sánchez-Pérez A, Yao J, Elphinstone JG, Jones JB and Momol MT. 2007. New diversity of *Ralstonia solanacearum* strains associated with vegetable and ornamental crops in Florida. *Plant Disease* 91:195-203.
19. Kubota C M; N McClure; M G Kokalis-Burelle; E N Roskopf. 2008. Vegetable grafting: history, use, and current technology status in North America. *HortScience*. 43(6): 1664-1669.
20. Larios, R. 2013. Plagas destruyen 517 hectáreas. Prensa Libre. Guatemala. 18 mar. 14.
21. Lee J. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*. 29(4): 235-239.
22. López, JG. 2004. Evaluación del solarizado para el control de *Ralstonia solanacearum* en tomate *Lycopersicon esculentum*, en la aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa. Tesis Ingeniero Agrónomo. Guatemala, USAC. p. 47
23. Lukyanenko A N. 1991 Disease resistance in tomato. *In: Genetic Improvement of Tomato*. G Kalloo (ed). Springer-Verlag. Heidelberg, Alemania. 637 p.
24. Mejía, L. 2003. Resistencia genética para la producción sostenible del tomate: producción de híbridos tolerantes a virosis transmitida por mosca blanca y su evaluación agronómica y molecular: informe final. Guatemala, FODECYT11-00. pp. 6-7.

25. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2015. Plan de manejo integrado de Enfermedades del tomate en Guatemala (*Solanum lycopersicum* L.). Proyecto Ada-integración. Guatemala. pp. 7-13.
26. Morales, F. 2004. La mosca blanca como transmisora de enfermedades virales. Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT-. Proyecto Tropical de Mosca Blanca, Cali, Colombia.
27. Norman DJ, Zapata M, Gabriel DW, Duan YP, Yuen JMF, Mangravita-Novo A and Donahoo RS. 2009. Genetic diversity and host range variation of *Ralstonia solanacearum* strains entering North America. *Phytopathology* 99:1070-1077.
28. Pastor Zarandona, OA. 2014. Disposición de plantas, cultivares y densidades de población en la producción hidropónica de jitomate. Tesis MsC. Estado de México, México, Universidad autónoma Chapingo. 95 p.
29. Pinto Cruz, TE. 2003. Efecto de diferentes periodos de cobertura con tela de polipropileno sobre la incidencia de virosis y aumento de rendimiento del cultivo de tomate *lycopersicum sculentum*, bajo las condiciones de la estación seca del municipio de Ipala, Chiquimula. 2003. *Licenciatura tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala*
30. 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 lycopersicum* L. y chile pimiento *Capsicum annum* L. en el oriente de Guatemala. Tesis Lic. Ciudad de Guatemala, Guatemala, USAC. 87 p.
31. Sánchez, A; Mejía, L; Allen C. 2006. Estudio filogenético y de distribución de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en Guatemala. *Tikalía* 24 (1): 17-33
32. Spooner D M, G J Anderson, R K Jansen. 1993. Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes and peppiness (solanaceae). *Amer. J. Bot.* 80(6): 676-688.
33. Velasco Alvarado, Mario de Jesús. 2013. Anatomía y Manejo agronómico de plantas injertadas en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), en Chapingo, México, 2013. Tesis de Doctorado, Universidad Chapingo.
34. Zavaleta-Mejía, E. 1994. Control biológico de fitopatógenos. In: R. Alatorre R. y A.W. Guzmán F. (eds.). *Memorias V Curso de Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. pp 115-125.

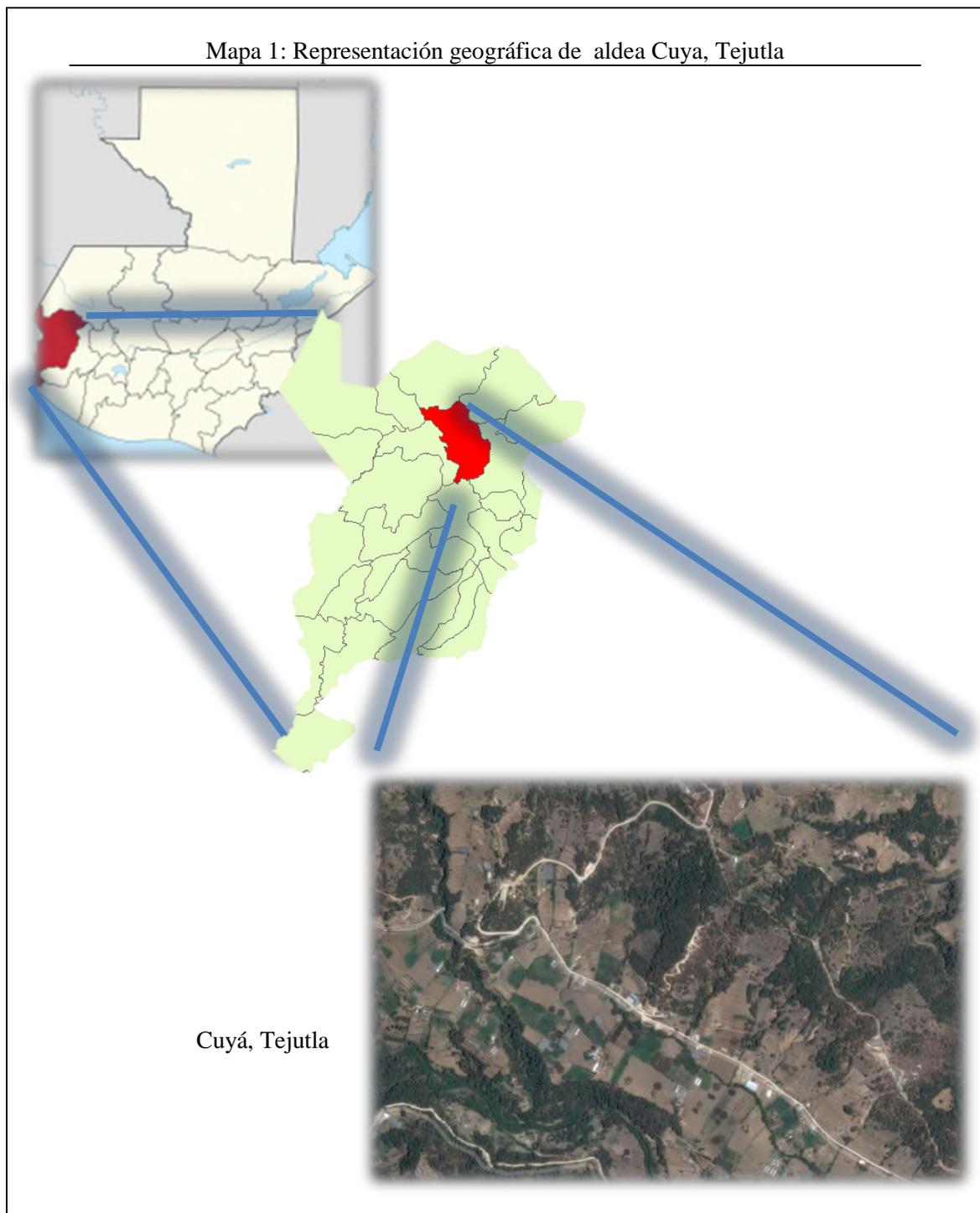
11. Anexos

Anexo 1: Mapa de la localidad San José Las Islas, municipio y departamento de San Marcos.



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Anexo 2: Mapa de la localidad Cuya, municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Anexo 3: Requerimiento nutricional del cultivo de tomate.

Elemento	Consumo (kg/ha)	Elemento	Consumo (kg/ha)
N	300	Mg (como MgO)	25
P (como P ₂ O ₅)	120	S	40
K (como K ₂ O)	450	Ca	40

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Anexo 4: Formato para la toma de datos de la variable Rendimiento, en Kilogramos por hectárea.

Frutos mayores a 2.5 cm diámetro	Rendimiento en kg/ha			
	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	\bar{X}
Tratamiento 1				
Tratamiento 2				
Tratamiento 3				
Tratamiento 4				
Tratamiento 5				
Tratamiento 6				
Tratamiento 7				
Tratamiento 8				
Tratamiento 9				
Tratamiento 10				
Tratamiento 11				
Tratamiento 12				
Tratamiento 13				

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en abril 2017 a febrero 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Anexo 8: Formato para la toma de datos sobre la variable severidad.

FECHA:		DDT:		LOCALIDAD:		REPETICIÓN:					
	REPETICIÓN n										
	TRAT. 1			TRAT 2			TRAT...n				
No. hojas compuestas por planta											
X Escala de severidad											
Escala de severidad por hoja compuesta											

Anexo 9: Formato para la toma de datos para el registro de temperatura y humedad del invernadero.

Localidad: _____ Mes: _____

Día	Hora	Temperatura	Humedad
1			
2			
3...			
...31			

Anexo 10: Análisis de laboratorio del estado inicial de patrones de tomate contaminados con *R. solanacearum* y virus TYLCV.



Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Mario Díaz
Asunto Reporte de análisis de Fitopatología
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Código 2560817
Cultivo Tomate
Localidad San Marcos
Fecha colecta 25 de Agosto del 2017
Fecha recepción 29 de Agosto del 2017
Fecha del informe 20 de Septiembre del 2017

Resultado análisis Biología molecular. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

No. de muestra	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)	<i>Ralstonia solanacearum</i>
T1	Negativo	POSITIVO
T2	Negativo	POSITIVO
T3	Negativo	POSITIVO
T4	Negativo	POSITIVO
T5	Negativo	Negativo
T6	Negativo	POSITIVO
T7	Negativo	Negativo
T8	Negativo	Negativo
T9	Negativo	POSITIVO
T10	Negativo	POSITIVO
T11	Negativo	POSITIVO
T12	Negativo	POSITIVO
T13	Negativo	POSITIVO

Anexo 11: Análisis de laboratorio del estado final de patrones de tomate contaminados con *R. solanacearum* y virus TYLCV.



Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Mario Díaz
Asunto Reporte de análisis de Fitopatología
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Código 3471117
Cultivo Tomate
Localidad San Marcos
Fecha colecta 19 de Noviembre del 2017
Fecha recepción 22 de Noviembre del 2017
Fecha del informe 14 de Diciembre del 2017

Resultado análisis Biología molecular. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

No. de muestra	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)	<i>Ralstonia solanacearum</i>
T1	POSITIVO	POSITIVO
T2	POSITIVO	Negativo
T3	Negativo	Negativo
T4	Negativo	POSITIVO
T5	Negativo	Negativo
T6	POSITIVO	POSITIVO
T7	POSITIVO	Negativo
T8	POSITIVO	POSITIVO
T9	Negativo	POSITIVO
T10	POSITIVO	POSITIVO
T11	Negativo	POSITIVO
T12	POSITIVO	POSITIVO
T13	POSITIVO	POSITIVO

Fotografía 1: Preparación del terreno en San José Las Islas, San Marcos.



Fotografía 2: Siembra de los tratamientos de tomate, en aldea Cuya, Tejutla.



Fotografía 3: Tutorado del cultivo de tomate, en aldea San José Las Islas, San Marcos.



Fotografía 4: Toma de datos de altura y diámetro de tallo, en plantas de tomate para conocer el efecto del injerto sobre el desarrollo vegetativo.



Fotografía 5: Toma de datos, sobre severidad e incidencia de *Ralstonia solanacearum*.



Fotografía 6: Toma de datos de temperatura para conocer la dinámica de incidencia de las enfermedades evaluadas.



Fotografía 7: Ataque severo de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cultivo de tomate.



Fotografía 8: Estado de tratamientos con presencia de *Ralstonia solanacearum*.



Fotografía 9: Producción de tomate con tolerancia a *Ralstonia solanacearum*.



Fotografía 10: Toma de datos de la variable rendimiento en tratamientos de tomate, por cada planta de tomate.



Fotografía 11: Calidad del fruto, una de las características agradables al agricultor.



Fotografía 12: Tratamiento 6, Variedad Tabaré injertada sobre Ipala, con resistencia a *Ralstonia solanacearum* y alto rendimiento.





CRIA

*Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria*

