

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE TOMATE CON RESISTENCIA A MARCHITEZ BACTERIANA (*Ralstonia solanacearum*) E.F. Smith, EN DOS LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.

**Ing. Agr. Milton Leonardo Solís Rodríguez¹
Douglas Guzman²**

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación, se propone en respuesta a las necesidades de conocimiento, métodos y tecnologías que demandan los productores de tomate de la región Oriente de Guatemala. El mayor problema que se enfrentan es por presencia generalizada de bacterias de suelo; causante de marchites bacteriana en los cultivares de tomate que han venido utilizando. Lo que ha repercutido en bajo rendimiento, altos costes de producción; uso de paquetes tecnológicos recomendados sin ningún efecto positivo, hasta llegar al abandono de los suelos y buscar nuevas áreas en otros lugares dentro del territorio.

Con el objetivo de generar información sobre el rendimiento y la resistencia a marchitez bacteriana, provocada por *R.solanacearum*, el Consorcio CRIA Tomate Oriente, desarrollo un ensayo para la evaluación de cinco cultivares de tomate; cuatro con las características de resistencia a marchites bacteriana causados por *R. solanaseaum* y un testigo susceptible. Los tratamientos evaluados fueron los híbridos comerciales de tomate; *T1 = Tyral*, *T2= Ipala F1*, *T3= Nirvana*, *T4= EW 821* y *T5 = Retana (Testigo)*; cultivar utilizado actualmente en la región tomatera del oriente de Guatemala.

Considerando dos tipos de resistencia contra *R. solanacearum* en el tomate; (de tipo poli génético y tipo dominante), y que la resistencia depende de varios factores tales como la variabilidad local de las poblaciones bacterianas, la temperatura y la humedad. Los ensayos se establecieron bajo estructuras de cobertura en mega túnel, en las localidades de la Aldea Jicamapa del municipio de Ipala y la Finca Nobleza en la Aldea Despoblado del municipio de Camotán. Dos localidades seleccionadas por presencia confirmada de *R. Solanacearum*; según análisis bacteriológico practicado previo al ensayo y durante el ensayo. La Investigación se realizó en los meses de Enero a Mayo de 2017.

El diseño experimental que se utilizo fue de Bloques al Azar, con seis repeticiones para garantizar los mejores coeficientes de variación en los análisis por tratamiento y localidades. El consto total del proyecto fue de Ciento Cuarenta y cinco mil, novecientos ocho quetzales con cero centavos. Lo que incluyen los costos de instalaciones apropiadas, equipo de medición para fortalecer la unidad de investigación de consorcio Cría oriente, mano de obra, insumos e incentivos como honorarios al equipo de investigadores.

Como resultado del ensayo se concluyó que: El cultivar Ipala F1 presentó el segundo grado más alto (1 de 10) en tolerancia a Marchitez bacteriana, y fue de quien se registró el rendimiento más alto, con 95,367 kg/ha., por ello el beneficio económico fue alto, obteniendo un valor absoluto de 3.53 en cuanto a la relación beneficio/costo, entendiéndose que por cada quetzal invertido, se obtendrá 2.53 quetzales de ganancia neta.

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), actualmente es una de las hortalizas de mayor consumo en Guatemala, forma parte de la dieta alimenticia de los guatemaltecos como fuente de vitaminas y minerales. El consumo per cápita anual aparente en Guatemala, según información del BANGUAT y la INE es de 21.13 kilogramos. (Cifuentes 2010). Se siembran 8,822.30 ha en los departamentos de Guatemala, Jutiapa, Chiquimula, Jalapa, Baja Verapaz y Santa Rosa (Estrada 2012).

Según resultados de talleres de análisis participativo de la problemática realizados por el Consorcio CRIA_TOMATE Oriente; previo al proyecto de investigación. Uno de los principales problemas que enfrentan los productores de tomate en la región oriental de Guatemala; es el daño ocasionado por marchitez bacteriana causada por (*Ralstonia solanacearum*), esta bacteria ha impedido y limitado el cultivo en áreas infectadas, lo que ha provocado que los agricultores migren a áreas no infectadas o el abandono de esta actividad agrícola. El biovar 3 raza 1 es el patógeno reportado con mayor presencia en los campos de los agricultores, en el oriente de Guatemala (Rodríguez 2007).

Como medida para responder al problema de *R. solanacearum* y otras enfermedades asociadas, el Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola –ICTA- y los productores afectados; durante los meses de Febrero a Mayo del año 2017, sometieron a evaluación cuatro cultivares de tomate, ellos se evaluaron bajo condiciones protegidas en estructuras de macro tunel, en dos localidades con presencia confirmada de la bacteria según resultados de análisis de bacteriología, practicado por reconocido laboratorio. Se evaluó la resistencia y rendimiento en Kg/ha de cuatro cultivares actualmente promovidos por casas comerciales del país por su capacidad de resistir a la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) y se utilizará como testigo absoluto el cultivar Tabaré, que es el híbrido utilizado actualmente por los productores.

El diseño experimental establecido fué Bloques completos al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones con un análisis combinado para sitios. Para conocer la interacción de los cultivares en dos localidades, ya que se determinó una gradiente de variabilidad (suelo), que influye en la distribución espacial del patógeno.

Los ensayos se establecieron en el mes de Enero y se cosecho en el mes de Abril y mayo de 2017, bajo las condiciones protegidas estructuras de macro tunel en el municipio de Camotán e Ipala del departamento de Chiquimula.

Como respuesta a los productores afectados por *R. solanacearum* en sus parcelas de cultivo, se determinó que los Híbridos, Ew 821 e Ipala F1, fueron los cultivares que presentaron mejor respuestas en cuanto a resistencia, rendimiento y rentabilidad en las dos localidades evaluadas.

2. JUSTIFICACIÓN

La marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum*; es una de las enfermedades más estudiadas en todo el mundo, por ser vascular y habitante del suelo, asociado a un gran número de plantas cultivadas y malezas, su control es extremadamente difícil. Los productores tienen que implementar medidas de control a un alto costo, con el consecuente deterioro del medio ambiente. Los problemas son mayores cuando el control químico no es efectivo y las variedades que se encuentran en el mercado no tienen ningún nivel de resistencia o tolerancia.

Los cultivos de importancia económica más afectados son las solanáceas como papa, tomate, chile pimiento, tabaco y además, es muy severa en banano, maní y jengibre. Hoy en día se propone que la mejor opción para su control es el uso de material genético con niveles de resistencia o tolerancia a la enfermedad, esto como estrategia para no depender exclusivamente del control químico (Agrios, 1995).

En base a investigaciones realizadas por centros de investigación y diagnósticos en varios laboratorios nacionales, se ha encontrado esta bacteria en el altiplano central, occidental y sur-oriente y Oriente de Guatemala siendo los últimos dos sitios donde se ha presentado con mayor intensidad y severidad a tal grado que causa el abandono de campos por parte de los productores (Loarca, 1987; Izaguirre, 2008).

Según Rodríguez, 2017; en su investigación de grado titulada Determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, asociadas a marchites bacteriana en los cultivos de tomate y chile pimiento, en el oriente de Guatemala, señala los departamentos de El Progreso (municipio de Sanarate), Jutiapa (municipio Agua Blanca y el Progreso), Chiquimula (municipio de Ipala, Jocotán y Camotán); como los más afectados por la presencia del biovar 3-raza 1 del patógeno de *R. solanacearum* EF. Smith.

Ante dicha realidad se propuso generar información sobre el cultivar de tomate que se comporte mejor en tolerancia y rendimiento por efecto de la interacción cultivar y gradiente suelo en dos localidades de la Región Tomatera del Oriente de Guatemala, en donde se ha confirmado la presencia de la bacteria, según resultados de bacteriología practicados por reconocido laboratorio, Aldea Jicamapa del municipio de Ipala y finca Nobleza en el Municipio de Camotán del departamento de Chiquimula. Con ello El Consorcio de Investigación CRIA Oriente puede dar respuesta y ofrecer alternativa tecnológica a las demandas sentidas por los productores de tomate, y por consecuencia aumentar los rendimientos y recuperar las áreas abandonadas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Tomate

El tomate cultivado se originó en el Nuevo Mundo, ya que todas las especies silvestres relacionadas con el tomate son nativas de la región andina que hoy comparten Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú. Es en la actualidad la hortaliza de mayor importancia en el mundo, se le cultiva en un amplio rango de latitudes desde el Ecuador hasta casi el Círculo Polar. Los frutos se destinan tanto al consumo fresco como a la transformación.

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

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

3.1.1. Producción

Guatemala siembra, 8,822.30 Ha. De tomate de diferentes variedades, en los departamentos de Guatemala, Jutiapa, Chiquimula, Jalapa, Baja Verapaz y Santa rosa (Estrada, 2012).

3.1.2. Usos

Pocos productos hortícolas permiten tal diversidad de usos como el tomate. Se puede servir crudo, cocido, estofado, frito, encurtido, como una salsa o en combinación con otros alimentos. Se puede usar como un ingrediente en la cocina y puede ser procesado industrialmente entero como pasta, jugo polvo (AGROS, 2011).

3.2. La marchitez Bacteriana

La marchitez bacteriana (*R. solanacearum*), es la enfermedad más grave del tomate en el trópico ya que puede impedir la producción, además de provocar pérdidas adicionales debidas a la restricción en la utilización de las áreas afectadas.

El patógeno es una bacteria telúrica y vascular, endémica en la mayor parte de los suelos tropicales, que penetra por las heridas del sistema radical y por la zona de emergencia de las raíces secundarias, luego coloniza rápidamente el xilema de la planta. Los síntomas externos comprenden primero el marchitamiento de algunas hojas (o una parte de ellas), seguido por la aparición de esbozos radicales en el tallo; reducción foliar, detención del crecimiento; posteriormente el marchitamiento gana la planta y ésta puede llegar a morir. Un corte del tallo muestra oscurecimiento de los vasos y exudado blanco-cremoso.

En los suelos infectados, el cultivo de variedades sensibles es prácticamente imposible. La lucha es inoperante. El mejoramiento por resistencia parece ser el mayor componente en la estrategia de control de ésta enfermedad (Depestre, 1999).

3.2.1. El patógeno

R. solanacearum, es una bacteria Gram-negativa, motil, en forma de rodo, del grupo de las Beta-proteobacterias. Su genoma de 5.8 Mb, el cual está organizado en dos replicones, ha sido totalmente secuenciado. Los patógenos de la marchitez bacteriana conforman un grupo filogenético heterogéneo, con miles de cepas distintas que varían respecto a intervalo de hospedero, distribución geográfica y fisiología (Mejía, 2007).

3.2.2. Ecología de *R. Solanacearum*

La bacteria posee una excepcional flexibilidad fenotípica, esto le permite sobrevivir en diversos tipos de suelo, agua y plantas hospederas en todo el trópico (Mejía, 2007).

En base a investigaciones realizadas por centros de investigación y diagnósticos en varios laboratorios nacionales, se ha encontrado esta bacteria en el altiplano central, occidental y sur-oriente y Oriente de Guatemala siendo los últimos dos sitios donde se ha presentado con mayor intensidad y severidad a tal grado que causa el abandono de campos por parte de los productores (Loarca, 1987; Izaguirre, 2008).

Según Rodríguez, 2007; en su investigación de grado titulada Determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, asociadas a marchites bacteriana en los cultivos de tomate y chile pimiento, en el oriente de Guatemala, señala los departamentos de El Progreso (municipio de Sanarate), Jutiapa (municipio Agua Blanca y el Progreso), Chiquimula (municipio de Ipala, Jocotán y Camotán); como los más afectados por la presencia del biovar 3-raza 1 del patógeno de *R. solanacearum* EF. Smith.

3.2.3. Situación de *R. Solanacearum* en Guatemala

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

Cuadro 1. Resumen de los resultados obtenidos de las pruebas de PCR, caracterización de biovar y caracterización filogenético de las diferentes muestras colectadas en Guatemala.

Altitud	Hospedero	Filotipo	Sequevar	Biovar-Raza	Origen
0 - 250 msnm.	Banano	II	VI	Biovar 3-raza 2	América
250 – 1, 200 msnm.	Tomate Berenjena Quilete	I	XIV	Biovar 1-raza 1	Asia
Mayor a 1, 600	Papa Tomate Quilete	II	I	Biovar 2-raza 3	América

Fuente: Sánchez, 2006.

3.2.4. Resistencia a la marchitez bacteriana en el tomate:

Se han reportado al menos dos tipos de resistencia contra *R. solanacearum* en el tomate. Una es de tipo poligénico, originada de *L. sculentum* var *cersiforme*, la línea CRA66 pertenece a este tipo. El otro tipo de resistencia es dominante y de herencia más simple, esta se cree se derivó de *L. pimpinellifolium*, la línea hawai 7996 tiene este tipo de resistencia. La efectividad de ambos tipos de resistencia depende de varios factores tales como la variabilidad local de las poblaciones bacterianas, la temperatura y la humedad, En términos generales, la resistencia a la marchitez bacteriana es considerada parcial y de herencia compleja. Un problema en el desarrollo de variedades resistentes ha sido la obtención de altos niveles de resistencia y frutos de buen tamaño sin embargo, este ligamiento aparentemente ha sido al menos parcialmente quebrado ya que existen líneas de mejoramiento resistentes y con frutos de tamaño aceptable.

El mecanismo de resistencia parece estar determinado por una limitación en la distribución vascular del patógeno, mediante un mecanismo fisiológico, más que en una respuesta diferencial a la penetración de la raíz. *El criterio de selección en la evaluación de la resistencia a la marchitez bacteriana generalmente es la proporción de plantas marchitas.* Sin embargo, debido a que los sistemas radiculares pueden escapar de la colonización por la distribución del patógeno en el suelo, es recomendable también la inoculación controlada Aunque la infección natural en campos contaminados es el principal medio para la evaluación de la resistencia (Mejía, 2007).

4. OBJETIVOS

4.1. General

Generar información sobre el rendimiento y la resistencia a marchitez bacteriana, provocada por *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, de cinco cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas (macro tullen); en dos localidades del departamento de Chiquimula.

4.2. Específicos

Estimar la resistencia a marchitez bacteriana de cinco cultivares de tomate, mediante el modelo de incidencia y severidad, para seleccionar el mejor cultivar con resistencia a la enfermedad.

Determinar el cultivar de tomate que presente el mejor potencial de rendimiento (Kg/Ha), para priorizar el tratamiento con mayor producción de fruta.

Realizar el análisis financiero de los cultivares de tomate, mediante la relación beneficio/costo, para determinar el material que genera mayor utilidad al productor.

5. HIPÓTESIS

Ho. No existe diferencia significativa entre los cultivares de tomate a evaluar en cuanto a rendimiento total en kilogramos por hectárea, interacción localidad cultivar y resistencia a marchites bacteriana.

Ha. Al menos un cultivar de tomate a evaluar presenta diferencia significativa en cuanto a rendimiento, interacción localidad cultivar y resistencia a marchites bacteriana causada por *R. solanacearum*.

6. METODOLOGÍA

6.1. Localidad y época (s)

El experimento se realizó en la Finca “La Nobleza” en el municipio Camotán y en aldea Jicapapa del municipio de Ipala. Departamento de Chiquimula Durante los meses de Enero a Junio de 2017.

La unidad de producción situada en “Finca la Nobleza”, se ubica en el municipio de Camotán del departamento de Chiquimula; se encuentran ubicada geográficamente en las coordenadas GTM zona 15.5 629,627.026 E 1,643,618.804 N, a 509 m.s.n.m., colinda al norte con la carretera CA -11, que conduce de Camotán a la frontera del Florido, al sur con el río Jupilingo, al este con camino vecinal que se dirige a aldea despoblado. La finca cuenta con una extensión superficial aprovechable de 7 ha. La temperatura máxima registra los 30°C; temperatura mínima de 18°C, temperatura media anual de 20°C, una precipitación de 1,250mm/añual y 65% de humedad relativa en época seca y 78% en época lluviosa, pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Sub - tropical; con una época lluviosa que comprende de los meses de mayo – octubre, y una estación seca de noviembre – abril.

La unidad de producción situada en “Aldea Jicapama, se ubica en el municipio de Ipala del departamento de Chiquimula; a cinco kilómetros de la cabecera municipal, se encuentran ubicada geográficamente en las coordenadas GTM zona 15.5; 594,373.287E 1,621,938.704 N, a una altura de 850 metros sobre el nivel del mar (msnm), por lo que generalmente su clima es templado. Colinda al norte con aldea los Cimentos, al sur con la quebrada el Suyate, al este con carretera asfaltada que conduce de Chiquimula a Ipala, tiene una extensión superficial de 10 Ha. La temperatura máxima registra los 37°C; temperatura mínima de 16°C, temperatura media anual de 19- 20°C, una precipitación de 880-940 mm/añual y 70% de humedad relativa en época seca y 85% en época lluviosa, pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Sub – tropical templado; con una época lluviosa que comprende de los meses de mayo – octubre, y una estación seca de noviembre – abril.

6.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue Bloques al azar con análisis combinado para sitios. Considerando una gradiente de variabilidad (suelo), que influye en la distribución espacial del patógeno, el diseño experimental contó con cinco tratamientos y seis repeticiones por sitio.

6.3. Tratamientos

6.3.1. Tyral: Híbrido de crecimiento semideterminado, frutas de forma tipo saladette, peso de 100-110 g. por fruto. Alta tolerancia contra marchitez bacteriana, alto rendimiento.

6.3.2. Nirvana 044 F1: Híbrido de crecimiento semi-determinado, frutas de forma blocky redondo, peso de 100-120 g. por fruto. Extra firme, rojo intenso y larga vida de anaquel. Excelente comportamiento en condiciones de sequía y alta tolerancia contra marchitez bacteriana. Alto rendimiento y plantas vigorosas. Se recomienda sembrar a 60 cm. Entre planta y podar los primeros hijos laterales. Alta tolerancia a virosis transmitida por mosca blanca (ToLCV). Resistencia IR: Rs, HR: ToLC, Fol 0,1; ToMV, Vd

- 6.3.3. Ipala F1:** Planta: Planta determinada, buena cobertura foliar, una buena opción para suelos con problemas de Ralstonia debido a su alta tolerancia., alto rendimiento. Fruto uniforme, tamaño de 9.5 cm y 4.5 cm. Excelente vida de anaquel, fruta muy firme, ideal para transportarlo a largas distancias, Alto % de fruta de primera. Resistencia: HR: ToMV, V:0, Fol: 1,2, IR: TYLCV, Pst, Pi, Rs
- 6.3.4. EW 821 F1:** Planta de crecimiento semi-determinado, vigorosa y robusta, fruto de forma saladet (90-100 g.) Excelente color, tanto interno como externo. Alto potencial de rendimiento. Producción concentrada. Altamente tolerante a marchitez bacteriana (Rs) y virosis transmitida por mosca blanca (ToLCV)
- 6.3.5. Retana (Testigo):** Planta: Muy buen vigor, buena cobertura foliar, buen comportamiento en calor y frío, gran flexibilidad de manejo, productividad alta con un rendimiento promedio de 3,300 cajas/Mz. Fruto: Rojo intenso, forma muy uniforme, alta vida de anaquel, gracias a una excelente firmeza, fruta muy firme, ideal para transportarlo a largas distancias, 80% fruta de primera. Resistencia: HR: ToMV, V, Fol: 1,2, For. TSWV. IR: M

Cuadro 2: Tratamientos de cultivares de tomate resistentes a marchitez bacteriana

Tratamiento	Cultivar
T1	Tyral
T2	Ipala F1
T3	Nirvana 044 F1
T4	EW 821
T5	Retana (Testigo)

Fuente: elaboración propia

6.4. Tamaño de la unidad experimental

Las dimensiones de cada parcela fueron de 6.4 m de ancho por 3.2 m. de largo correspondiente a una parcela bruta de 20.48 m²; y el área neta de cada una fue de 7.68 m² (3.20 metros de ancho por 2.4 metros de largo). El distanciamiento entre plantas utilizado de 0.40 metros y 1.60 metros entre surcos. La densidad de plantas por parcela bruta fue de 32 y 12 por parcela neta; se consideró un surco de efecto de borde por lado y una planta por cada extremo, de las dos hileras centrales, (Ver anexos)

El área experimental total por localidad fue de 614.4 metros cuadrados. 1,228.8 m² en total.

6.5. Modelo estadístico

Para determinar con exactitud el comportamiento de los cultivares a evaluar o la respuesta de los híbridos comerciales en las localidades, se corrió un análisis utilizando modelos lineales generales y mixtos, y, comparación de medias utilizando LSD Fisher. Para ello se corrió el Programa Estadístico INFOSTAT. Utilizando el programa R, que se ajusta al tipo de investigación de modelos y estadística no paramétrica como fue el presente caso.

Utilizando para ello el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = U + Li + Tj + Bk(i) + LTij + Eijk$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta de la ijk .ésima unidad experimental.

U = Media General.

Li = Efecto de la i -ésima localidad

Tj = Efecto del j -ésimo cultivar de tomate

$Bk(i)$ = Efecto del k -ésima repetición dentro de la i -ésima localidad.

$LTij$ = Efecto de la interacción de la i -ésima localidad por el j -ésimo cultivar de tomate

$Eijk$ = Efecto del error experimental en la ijk -ésima unidad experimental.

6.6. Variables de respuesta:

- Incidencia y Severidad de marchites bacteriana en cultivares de Tomate.
- Rendimiento (Kg/Ha)
- Relación Beneficio/Costo (**Quetzales**)

a. Incidencia de marchitez bacteriana en cultivares de tomate:

Se entenderá como incidencia, el número de unidades de plantas afectadas, expresada en porcentaje. Para la toma de datos de incidencia, se realizarán nueve muestreos, uno semanal iniciando en la 4 semana después del trasplante ya los 30 DDT, 60 y un último a los 90 días. Para recolectar estos datos se muestrearán 12 plantas de cada parcela neta. Para obtener la relación porcentual de incidencia de marchitez, nos basamos en la fórmula propuesta por el CIAT (1987) (Chavarria, 2004).

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{total de plantas con sintomas de marchitez}}{\text{numero total de plantas muestreadas}} \times 100$$

b. Severidad de marchitez bacteriana en cultivares de tomate

Para determinar la severidad por tratamiento, se observó el porcentaje de tejido enfermo de cada planta, utilizando la escala de Kempe y Sequeira modificada por Rivas Flores³, quien la fundamento por su experiencia en la aparición de los síntomas del cultivo, mencionando

que las escalas de severidad son relativas según autores. Esta escala subjetiva describe cada grado de la siguiente manera.

0: planta sin síntomas. 1: marchitez leve. 2: marchitez moderada. 3: marchitez severa. 4: planta muerta por marchitez.

Se realizaron 3 muestreos, uno 30 DDT el otro a los 60 DDT y el último a los 90 DDT. Para recolectar estos datos se muestrearon 12 plantas de cada parcela neta.

c. Rendimiento (Kg. /Ha.)

El rendimiento se determinó con el peso de frutos cosechados por tratamiento. Se define como la cantidad total de frutos en kilogramos por hectárea obtenida al finalizar el ciclo productivo de la planta. Se consideró el total obtenido en cada clasificación (primera, segunda, tercera y rechazo).

d. Relación Beneficio-Costo.

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

Costos de producción: Los costos de producción se definen como el gasto económico que representa la producción del cultivo durante un ciclo. El costo de producción para el cultivo de tomate se obtuvo del registro llevado por cada productor; conformado por la materia prima (semilla), la mano de obra y los insumos empleados para su producción. Para determinar los costos empleados en la producción de los híbridos de tomate en estudio, se realizó la contabilización de insumos, mano de obra y otros costos realizados diariamente en el área experimental, los cuales fueron la base para estimar su costo en hectárea. Para el análisis relación beneficio/costo, se utilizó como comparador de tratamientos los costos variables empleados para cada material.

Ingresos: El concepto ingreso hace referencia a las cantidades en dinero que recibe una empresa por la venta de sus productos (tomate). En la agricultura el nivel de ingresos está estrechamente relacionado con el rendimiento de las plantaciones y el precio del producto en el mercado. Para estimar el valor de ingresos se comercializó el producto con base a sus diferentes clasificaciones exceptuando el rechazo; la venta del producto se realizó en el mercado que regularmente vende el propietario del sitio. Los mercados Registrados fueron: (Walmart, La tiendona en el Salvador, y mercado local).

6.7 Análisis de la información

6.7.1 Análisis estadístico y prueba de medias

Se utilizará el programa estadístico INFO-STAT, donde se utilizarán los siguientes análisis estadísticos: mediante modelos lineales generales y mixtos, y, comparación de medias utilizando LSD Fisher.

6.7.2 Análisis Económico: Se determinará la rentabilidad de cada tratamiento utilizando el indicador financiero de la relación beneficio costo.

Fórmula:

$$B/C = VAI/VAC$$

Dónde:

B/C: Relación beneficio costo

VAI: Valor actual de los ingresos y beneficios

VAC: Valor actual de los costo

6.8 Manejo del experimento

- 6.8.1 Selección del terreno:** Se realizaron visitas y entrevista a los productores de tomate, para identificar los terrenos con historial de abandono y con registro de presencia de (*R. solanasearum*) en las cosechas anteriores, con quienes se acordó realizar el ensayo programado. El criterio para seleccionar el terreno fue mediante el resultado del análisis de suelo emitido por reconocido laboratorio Nacional quien verifica y garantiza la presencia de colonias de *R. solanasearum* en las muestras de suelo enviadas.
- 6.8.2 Instalación de Mega túnel:** Se construyó estructuras del tipo Mega túnel, que dio cobertura al cultivo durante todo el ciclo, para evitar el ingreso de insectos vectores de enfermedades, y mantener un micro clima que beneficie el mejor desarrollo del cultivo. Se utilizó el diseño actualmente implementado por los productores que consiste en estructura de sostén con tubo galvanizado en forma de arcos distanciado cada 4 metros que soporta una malla antiviral, en un área total de 750 m² de construcción, herméticamente cerrado en sus cuatro costados, con puerta de entrada en uno de ellos.
- 6.8.3 Preparación del terreno:** La preparación del terreno se realizó manual, utilizando azadones para aflojar el suelo a una profundidad de 30 centímetros.
- 6.8.4 Elaboración de las camas:** Se procedió a la elaboración de las camas, colocando pitas amarradas en sus extremos a estacas con el propósito de que las camas quedaran bien rectas, a una distancia de 1.60 m entre cada una, a una altura de 0.25 m. Y sobre las camas se colocó y conectaron las mangueras para riego. Cada manguera de riego con un espesor de 18 milésimas de pulgadas. Con gotero a cada 0.30 m en cada una de las camas.
- 6.8.5 Colocación del acolchado:** Se colocó sobre las camas el acolchado plástico, ahoyado a 0.40m. La colocación del acolchado se hace con el objeto de conservar la humedad, control de malezas, así como mantener la temperatura homogénea.
- 6.8.6 Trasplante:** Después de colocar el acolchado plástico, se realizó el primer riego de dos horas diarias durante tres días consecutivos antes de la siembra, luego se trasplantó los diferentes híbridos de tomate evaluados, se trasplantó a un sistema de siembra en surco único a una distancia de 0.40 m x 1.60 m.
- 6.8.7 Fertilirriego:** Se fertilizó aprovechando el sistema de riego, el cual se programó según los resultados de análisis de laboratorio, para los respectivos riegos se llevó un calendario de riego según diseño y requerimientos hídricos de la planta según su desarrollo vegetativo. Se llevó un registro de la fertilización y los requerimientos de riego.

- 6.8.8 Control de malezas:** Considerando que la época en la que se desarrolló la investigación fue fuera de época de lluvia, se hizo el control de malezas de forma manual en las calles a los 15 días después de la siembra y una limpia manual a los 25 días después de la siembra en la base de las plantas.
- 6.8.9 Control de plagas y enfermedades:** Bajo las condiciones de cobertura en la que se desarrolló el experimento la presencia de plagas y enfermedades fue bien reducida, de igual manera el uso de productos químicos también se redujo. Sin embargo, algunos insectos ingresaron y se observó daños por enfermedades fungosas. Principalmente mosca blanca y araña roja, Pero los daños no se consideraron de importancia para afectar el experimento, ya que se llevó un plan fitosanitario preventivo y su respectivo monitoreo de plagas y enfermedades semanalmente, actividad que fue realizada por el personal del propietario de las fincas donde se desarrolló el experimento, según sus protocolos.
- 6.8.10 Toma de datos de campo:** Durante la fase de desarrollo de la investigación, se realizó un proceso de recolección sistemática de los parámetros de medición de la resistencia de los cultivares a los síntomas de marchites bacteriana. El muestreo se realizó semanal mente, a partir de los 30 días después del trasplante, así mismo cuando inició a registrarse incidencia por causa aparente de la enfermedad, se procedió a extraer muestras de tejido de las plantas enfermas y suelo para su análisis e interpretación en un reconocido laboratorio nacional. (ver anexos)
- 6.8.11 Días de campo:** Durante el desarrollo de la investigación se realizaron eventos con los diferentes sectores productores de tomate de la región oriente para socializar la investigación y para presentar avances en el desarrollo de los cultivares.
- 6.8.12 Cosecha:** El proceso de cosecha, se realizó con mucho cuidado para no dañar la fruta, tomando en cuenta el tamaño, clasificándose la fruta de primera, segunda y tercera. En cuanto a la fruta de primera y segunda se cosechó de un color anaranjado o semi maduro y de una consistencia maciza. La fruta se colocó directamente en las cajas finales para su comercialización. La cosecha se inició desde la tercera semana de Abril en la localidad de la finca Nobleza en Camotán y la primera semana de Mayo en la localidad de Jicamapa Ipala, haciéndose un total de 5 cortes por localidad a partir de los 75 a los 110 días después del trasplante.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos de las diferentes variables evaluadas, las cuales son: tolerancia, incidencia, severidad a marchitez bacteriana y rendimiento total por

hectárea, al mismo tiempo se muestran los análisis utilizados mediante modelos lineales generales y mixtos, y, comparación de medias utilizando LSD Fisher.

7.1 Tolerancia

Con la finalidad de establecer un valor representativo y fácilmente interpretable del grado de tolerancia a la marchitez bacteriana en cada uno de los cultivares de tomates evaluados, se procedió a realizar una estandarización y un re-escalamiento del porcentaje de severidad como parámetro de la variable en estudio, tomando de base al híbrido Retana (testigo) como el tratamiento o cultivar estándar.

Utilizando los valores estandarizados de los parámetros de severidad, se determinó al cultivar Nirvana como el tratamiento con mayor tolerancia a marchitez bacteriana con un grado 0.24, seguidos de los cultivares Ipala F1, Ew821, Tyral, con un grado de 0.90, 2.01 y 2.03 respectivamente, siendo el cultivar Retana (Testigo) quien manifestó el menor grado de tolerancia, con un grado de 10 respectivamente.

Cuadro 3 . Grado de tolerancia a *Ralstonia solanacearum* en cultivares experimentales, utilizando valores estandarizados y re-escalados de los parámetros de Incidencia y severidad, Camotán e Ipala; Chiquimula, 2017.

Cultivar de Tomate	Grado de tolerancia según AUDPC de la severidad y % de incidencia.
TYRAL	2.01
IPALA F1	0.90
NIRVANA	0.12
EW 821	2.03
RETANA	10.00

Fuente: Elaboración propia.

7.1.1 Incidencia

- a) Mediante el análisis de prueba de hipótesis secuenciales de los valores en porcentaje del parámetro de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) sobre los cultivares, las localidades, la interacción localidad cultivar, y localidad bloque, se determinó que existe diferencia significativa únicamente entre los cultivares evaluados al cinco por ciento de significancia, a partir de los 60 días después del trasplante, por ende se rechaza la hipótesis planteada; (cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de hipótesis secuenciales del indicador de incidencia de *Ralstonia solanacearum* expresado en porcentaje, a los 60 días después del trasplante sobre los cultivares evaluados en las localidades de Camotán e Ipala del departamento de Chiquimula. 2017.

	numDF	Valor -F	Valor -P
(Intercepción)	1	4.04	0.0513
LOCALIDAD	1	0.28	0.5965
CULTIVAR	4	4.04	0.0077
LOCALIDAD:CULTIVAR	4	0.28	0.8861
LOCALIDAD:BLOQUE	10	1.00	0.4599

Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro cinco, presenta la prueba de comparación de medias efectuada al cinco por ciento de significancia, identificando a los cultivares EW 821 (Guerrero_Mejorado), Tyrál, Nirvana e Ipala F1, como los cultivares en donde no se presentó síntomas de incidencia a marchitez bacteriana, a los 60 días después del trasplante, siendo el cultivar RETANA (testigo), que presentó el mayor porcentaje a incidencia con una media 20.21 por ciento.

Cuadro 5. Prueba de Medias Ajustadas y errores estándares para Cultivar, LSD Fisher (alfa=0.05), para el indicador de incidencia de *Ralstonia solanacearum*, sobre los Cultivares, a los 60 ddt, en las localidades de Camotán e Ipala, Chiquimula, 2017.

Cultivares	Medias	E:E		
RETANA	20.21	4.68	A	
IPALA F1	-0.59	4.68		B
NIRVANA	-0.59	4.68		B
TYRAL	-0.59	4.68		B
EW 821	-0.59	4.68		B

Fuente: Elaboración propia.

- b) Mediante el análisis de prueba de hipótesis secuenciales de los valores en porcentaje del parámetro de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) sobre los cultivares, las localidades, la interacción localidad cultivar, y localidad bloque, se determinó que también existió diferencia significativa únicamente entre los cultivares evaluados al cinco por ciento de significancia, a los 90 días después del trasplante, por ende se confirma el rechazo la hipótesis planteada; (cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de hipótesis secuenciales del indicador de incidencia de *Ralstonia solanacearum* expresado en porcentaje, a los 90 días después del trasplante sobre los cultivares evaluados en las localidades de Camotán e Ipala del departamento de Chiquimula. 2017

	Num DF	Valor -F	Valor -P
(Intercepción)	1	18.97	0.0001
LOCALIDAD	1	1.21	0.2767
CULTIVAR	4	5.95	0.0005
LOCALIDAD:CULTIVAR	4	0.17	0.9530

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro siete, presenta la prueba de comparación de medias efectuada al cinco por ciento de significancia, identificando a los cultivares EW 821 (Guerrero_Mejorado), Tyral, Ipala F1 y Nirvana, como los cultivares que presentaron menor porcentaje de incidencia a marchitez bacteriana, siendo el cultivar RETANA (testigo), el cual presentó el mayor porcentaje a incidencia a los 90 días después del trasplante con un 43.75 por ciento.

Cuadro 7. Prueba de Medias Ajustadas y errores estándares para Cultivar, LSD Fisher (alfa=0.05), para el indicador de incidencia de *Ralstonia solanacearum*, sobre los Cultivares, a los 90 ddt, en las localidades de Camotán e Ipala, Chiquimula, 2017.

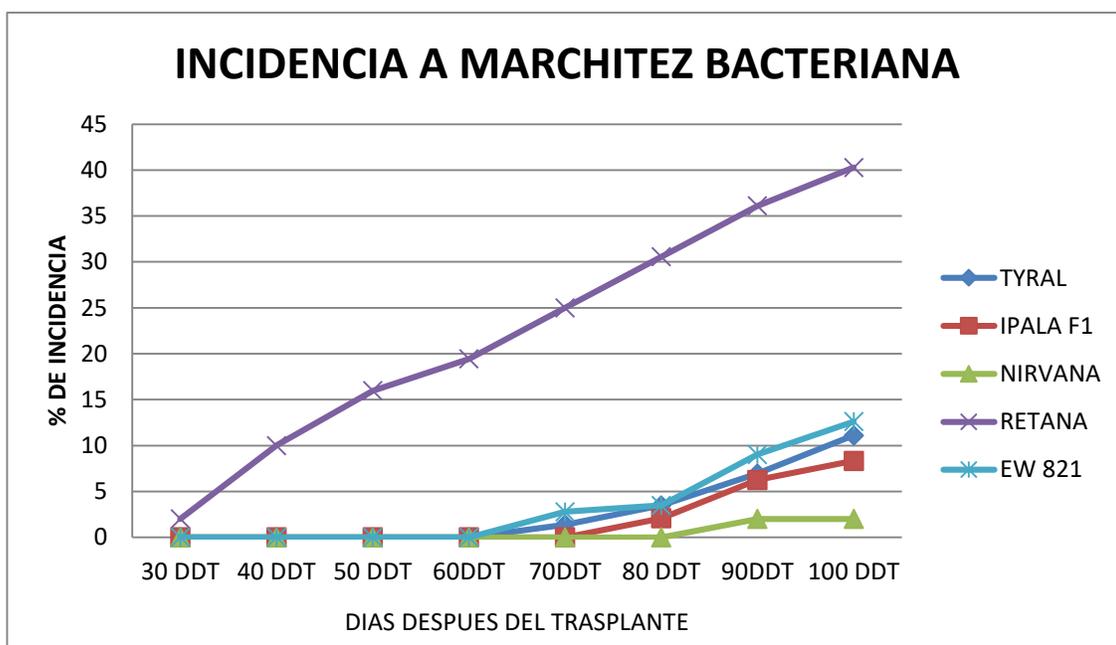
Cultivar	Medias	E.E.		
RETANA	43.75	7.06	A	
EW 821	10.42	7.06		B
TYRAL	8.33	7.06		B
IPALA F1	6.25	7.06		B
NIRVANA	2.08	7.06		B

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

Fuente: Elaboración propia.

La figura uno muestra el comportamiento de los cultivares a través del tiempo, en las dos localidades de evaluación; observando una variación del intervalo de tiempo posterior a su trasplante sobre el cual ocurrieron las incidencias, variando en comparación al cultivar Retana (testigo). El cultivar Retana presentó los primeros síntomas a los 30 días después de trasplante, cultivar EW 821 y Tyral, mostró los primeros síntomas a los 70 ddt., Ipala F1 a los 80 ddt y Nirvana a los 90 ddt.

Figura 3. Porcentajes de incidencia de *Ralstonia solanacearum* sobre cultivares de tomate, obtenidos en las localidades de Camotán e Ipala, Chiquimula. 2017.



Fuente: Elaboración Propia.

Utilizando como base los valores obtenidos mediante el porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana en los cultivares en estudio, se procedió a estandarizar y re-escalar los valores con la finalidad de establecer el grado de incidencia de marchitez bacteriana de cada cultivar en una escala comprendida del 0 al 10; entendiéndose como los cultivares con menor incidencia aquellos que presenten los valores más bajos y viceversa (cuadro 8).

Cuadro 8. Estandarización y re-escalamiento del grado de incidencia de marchitez bacteriana, sobre cuatro cultivares de tomate en dos localidades del departamento de Chiquimula, año 2017

Cultivares de tomate	Grado de incidencia
Tyral	8
Ipala F1	6
Nirvana	1
EW 821	2
Retana	10

Fuente: Elaboración propia.

Determinando a los cultivares Nirvana y EW 821, como baja incidencia de manifestación de la Marchitez Bacteriana, confirmándose, las especificaciones técnicas que presenta el proveedor del producto. Seguido de Ipala F1 y Tyral, con alto grado de incidencia, específicamente a partir de los 70 y 80 días después del trasplante respectivamente, y según los registros sobre la segunda semana de cosecha se iniciaron a observar los primeros síntomas.

7.1.2 Severidad

Según el análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad del indicador severidad de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en los tratamientos experimentales, se determinó que existen diferencias significativas entre los cultivares y las localidades, evaluados al cinco por ciento de significancia, llevándonos a rechazar la hipótesis establecida anteriormente; (cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza para el indicador de severidad de *Ralstonia solanacearum* en unidades de AUDPC, sobre los cultivares evaluados en dos localidades del departamento de Chiquimula.

	Num DF	Valor F	Valor p
(Intercept)	1	14.77	0.0005
LOCALIDAD	1	5.41	0.0264
CULTIVAR	4	4.48	0.0053
LOCALIDAD:CULTIVAR	4	0.23	0.9190

Fuente: Elaboración propia

Debido a que se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la comparación de medias LSD Fisher; (cuadro 10), evaluando los cultivares y las localidades a un grado de significancia del cinco por ciento. Cuatro de los cultivares presentaron grado 4 (planta muerta), en la escala de severidad, a excepción del cultivar Nirvana que a pesar de presentar incidencia fue tolerante a la enfermedad no registrándose plantas muertas en la escala de severidad durante el periodo de evaluación; sin embargo, el intervalo de tiempo necesario para alcanzar dicho valor posterior a presentar los primeros síntomas varía conforme la capacidad de tolerancia de cada material.

Los valores obtenidos a través del AUDPC para el parámetro severidad, toman como base de valoración el intervalo de tiempo después de siembra sobre el cual ocurren los síntomas, y también se tomaron los días que se toman para el cambio de los síntomas.

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias LSD Fisher, para el indicador severidad de *Ralstonia solanacearum*, sobre los cultivares en dos localidades del departamento de, Chiquimula, 2017.

CULTIVAR	Media del AUDPC de severidad	E:E	
----------	------------------------------	-----	--

RETANA	304.63	53.89	A
EW 821	89.67	61.36	B
TYRAL	66.65	51.86	B
IPALA F1	29.75	51.86	B
NIRVANA	15.75	86.78	B

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

Fuente: Elaboración propia.

Con base a los valores obtenidos por medio del análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, se estableció el grado de severidad de la enfermedad sobre de los cultivares, mediante un rango numérico comprendido de 0 a 10; entendiéndose como los cultivares con menor severidad aquellos que presentaron los valores más bajos (cuadro 11).

Cuadro 11. Estandarización y re-escalamiento de unidades de AUDPC del indicador severidad de *Ralstonia solanacearum*, sobre los cultivares de tomate, en dos localidades del departamento de Chiquimula, 2017.

Cultivares de tomate	Grado de severidad según AUDPC
TYRAL	2.01
IPALA F1	0.90
NIRVANA	0.12
RETANA	10.00
EW 821	2.03

Fuente: Elaboración propia.

Determinándose al cultivar Nirvana como el cultivar más tolerante a la incidencia por marchitez bacteriana, en suelos con registros de presencia del agente causal *Ralstonia solanacearum*; con valores de 15,000 UFC/gr de suelo, a los 70 días después del trasplante, según análisis de laboratorio. Los cultivares Tyral e IPALA F1 presentaron valores altos de entre 6 a 8 en el grado de incidencia de Marchitez bacteriana y toleraron ya que la severidad de la enfermedad fue muy baja en comparación al cultivar testigo, determinándose que efectivamente tienen un grado de tolerancia a la enfermedad con valores de 2.01 y 0.90 respectivamente.

7.2 Rendimiento

Según el análisis de prueba de hipótesis secuenciales de los valores de rendimiento de los cultivares de tomate en kilogramos por hectárea, las localidades y la interacción localidad cultivar y localidad bloque, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Interacción Localidad Cultivar) al cinco por ciento de significancia,

llevándonos a rechazar la hipótesis establecida; debido a la manifestación de la Marchitez Bacteriana en los cultivares (cuadro 12).

Para lograr establecer este nivel de análisis, se realizó una validación simple de las suposiciones de los modelos lineales de prueba de hipótesis secuenciales, revisando residuales estandarizados vs. predichos y otros criterios de clasificación, así como el Q-Q plot normal de residuos estandarizados. Estos residuos son condicionales a los efectos aleatorios (es decir, aproximan los errores). Determinándose que el modelo homocedástico es el que mejor aproxima los errores ya que las medidas de ajuste de AIC y BIC son las más bajas en comparación a los modelos heterocedásticos. (anexo 3)

Cuadro 12. Análisis de prueba de hipótesis secuenciales, de clasificación Q-Q plot normal de residuos estandarizados para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, de los cultivares evaluados en dos localidades de Chiquimula, 2017.

	Num DF	Valor F	Valor p
(Intercept)	1	6968.88	<0.0001
LOCALIDAD	1	368.22	<0.0001
CULTIVAR	4	3.30	<u>0.0198</u>
LOCALIDAD:CULTIVAR	4	3.30	<u>0.0295</u>
LOCALIDAD:BLOQUE	10	7.89	<0.001

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de priorizar tratamientos con base a la interacción de la variable rendimiento, se realizó la comparación de medias ajustadas LSD Fisher, evaluando los cultivares con un grado de significancia de cinco por ciento; determinando al cultivar IPALA F1 como el cultivar que supero en rendimiento al resto de cultivares en las dos localidades, el cultivar EW 821 e IPALA son similares en la localidad de Ipala, con un valor promedio de 116,487.00 Kg/Ha, y 113,528 kg/ha respectivamente, el cultivar RETANA (testigo), presentó los valores más bajos de rendimiento en las dos localidades, debido a que mostraron una pronta incidencia a marchitez bacteriana evitando que gran número de plantas llegaran a producción (cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias ajustadas LSD Fisher, para la variable rendimiento total en kilogramos por hectárea de los cultivares experimentales, en las localidades de Camotán e Ipala, Chiquimula, 2017.

LOCALIDAD	CULTIVAR	MEDIAS	E.E	
IPALA	EW 821	116487.50	1973.37	A
IPALA	IPALA F1	113528.00	6053.56	A
IPALA	NIRVANA	103565.00	3925.68	B
IPALA	TYRAL	98929.00	5518.60	B C
IPALA	RETANA	81074.67	13672.44	B C
CAMOTÁN	IPALA F1	78558.49	6053.56	C D
CAMOTÁN	TYTAL	74021.99	5518.68	D
CAMOTÁN	NIRVANA	72282.66	3925.68	D
CAMOTÁN	EW 821	70254.66	1973.37	D
CAMOTÁN	RETANA	51377.66	13672.44	D

Fuente: Elaboración propia.

7.3 Rentabilidad financiera

Con el propósito de identificar los tratamientos con mayor beneficio económico y facilitar la toma de decisión relacionada con la selección de las nuevas tecnologías (cultivares Tolerantes a Marchitez Bacteriana) evaluadas, se determinó la relación beneficio costo de cada uno de los cultivares experimentales (cuadro 14). Todos los cultivares evaluados presentaron márgenes de ganancia mediante el análisis de relación beneficio costo superior al 100%, siendo Ipala F1; el cultivar con el mayor beneficio económico, por cada quetzal invertido se obtendrá una ganancia neta de 2.53 quetzales.

Cuadro 14. Análisis financiero por hectárea de los cultivares experimentales, en las localidades de Camotán e Ipala, Chiquimula.2017.

Cotos por hectárea	Tyral	Ipala F1	Nirvana	Ew821	Retana
Pilón	Q15,625	Q12,656	Q12,656	Q12,656	Q15,625

Material de tutor	Q4,331	Q4,331	Q5,197	Q5,197	Q4,331
Tutorado(M.O)	Q1,750	Q1,750	Q2,100	Q2,100	Q1,750
Cosecha (M.O)	Q4,150	Q4,150	Q4,150	Q4,150	Q4,150
Clasificación de frutos (MO)	Q1,500	Q1,500	Q1,500	Q1,500	Q1,500
Total de costos variables	Q27,356	Q24,387	Q25,603	Q25,603	Q27,356
Total de costos fijos	Q77,128	Q77,128	Q77,128	Q77,128	Q77,128
Total	Q104,484	Q101,515	Q102,731	Q102,731	Q104,484
Imprevistos (5%)	Q5,224	Q5,076	Q5,137	Q5,137	Q5,224
Costo total/Ha	Q109,708	Q106,591	Q107,868	Q107,868	Q109,708
Ingresos por hectárea	Tyral	Ipala F1	Nirvana	Ew821	Retana
Ingreso Q/Ha	Q313,435	Q342,108	Q208,392	Q337,371	Q248,717
Ingreso ajustado (10%)	Q31,343	Q34,211	Q20,839	Q33,737	Q24,872
Ingreso total/Ha	Q344,778	Q376,319	Q229,231	Q371,108	Q273,589
Utilidad Bruta	Q317,422	Q351,931	Q203,627	Q345,505	Q246,233
Utilidad Neta	Q235,070	Q269,728	Q121,363	Q263,240	Q163,881
Análisis financiero	Tyral	Ipala F1	Nirvana	Ew821	Retana
Relación Beneficio/Costo	3.14	3.53	2.13	3.44	2.49

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar el nuevo cultivar Ew 821(Guerrero Mejorado) presento también una ganancia positiva, en la cual por cada quetzal invertido se tendrá una ganancia neta de dos quetzales con cuarenta y cuatro centavos; considerándose un cultivar con potencial a ser introducido en los campos de producción de tomate en fresco. El cultivar Tyral, a pesar de presentar índices altos de incidencia manifestó baja severidad, supero en beneficio económico al cultivar testigo Retana.

Este comportamiento de la investigación en cuanto a que todos los cultivares presentaron arriba del 100% de beneficio tiene su explicación y efecto dado que; el precio de venta durante el periodo de cosecha superaron la media general del año, y los costos de producción bajo condiciones de cobertura de Mega túnel favorecieron la mínima inversión en comparación a la media general de producción que se reportan a campo abierto y en casa malla.

Cuadro 15. Relación beneficio costo en diferentes precios de mercado, por caja de tomate de los cultivares evaluados, Camotán e Ipala, Chiquimula, 2017.

Precio por caja	Tyral	Ipala F1	Nirvana	Ew821	Retana
	Relación Beneficio/costo				
Q20	0.70	0.79	0.75	0.75	0.55
Q30	1.05	1.18	1.13	1.13	0.83
Q40	1.40	1.58	1.50	1.51	1.10
Q60	2.10	2.36	2.25	2.26	1.66
Q80	2.80	3.15	3.01	3.01	2.21
Q90	3.15	3.54	3.38	3.39	2.49
Q100	3.50	3.94	3.76	3.76	2.76
Q120	4.20	4.73	4.51	4.52	3.31
Q150	5.25	5.91	5.64	5.65	4.14

Fuente: Elaboración propia.

Los cuatro cultivares evaluados Ipala F1, Nirvana, EW821 y Tyral presentaron mejor respuesta en cuanto al cambio de precios en la caja de tomate, siendo económicamente factible desde el precio de treinta quetzales la caja en adelante, ya que se obtiene una ganancia de cinco, trece y dieciocho centavos por quetzal, respectivamente, seguido por el cultivar Retana (testigo) el cual es factible únicamente cuando el precio de la caja de tomate supera los 40 quetzales en adelante.

7.4 Análisis de riesgo de la inversión

Utilizando como referencia los resultados de las variables tolerancia, rendimiento y rentabilidad económica (cuadro 16), se observó que los cultivares con mayor tolerancia a marchitez bacteriana, presentaron mayor rendimiento y beneficios económicos en comparación al cultivar susceptibles. El cultivar Nirvana bajo las condiciones de las dos localidades y bajo la presión de altas concentraciones de Unidades formadoras de colonias de *Ralstonia solanacearum* en el suelo, supero en tolerancia a los otros cultivares, pero fue superado en rendimiento y rentabilidad en comparación con el resto de cultivares.

El cultivar Ipala F1 presentó el segundo grado más alto (1 de 10) en tolerancia a Marchitez bacteriana, y fue de quien se registró el rendimiento más alto, con 95,367 kg/ha., por ello el beneficio económico fue alto, obteniendo un valor absoluto de 3.53 en cuanto a la relación beneficio/costo, entendiéndose que por cada quetzal invertido, se obtendrá 2.53 quetzales de ganancia neta.

Cuadro 16: Priorización de resultados en cultivares experimentales, para las variables tolerancia, rendimiento y rentabilidad económica obtenidos en las localidades de Camotán e Ipala, Chiquimula.2017

Tolerancia		Rendimiento		Beneficio económico	
Cultivares	Grado de tolerancia	Cultivares	Kg/Ha	Cultivares	Relación B/C
Ipala F1	1	Ipala F1	95,367	Ipala F1	3.53
Ew 821	2	Ew 821	92,271	Ew 821	3.44
Nirvana	0	Nirvana	92,076	Nirvana	2.13
Tyral	2	Tyral	87,249	Tyral	3.14
Retana	10	Retana	68,825	Retana	2.49

Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES

- En función de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, los cuatro cultivares evaluados presentaron mayor tolerancia respecto al testigo (Retana). De los cultivares evaluados, Nirvana fue el que demostró un mayor grado de tolerancia a dicha enfermedad, con un valor de 0.12; este cultivar fue el que también presentó menor grado de incidencia y severidad, seguido por el cultivar Ipala F1 con un grado de tolerancia de 1.
- El rendimiento total, en el que se consideró el peso de los frutos de tamaño comercial (primera, segunda, tercera, cuarta y rechazo) de cada tratamiento, permitió determinar que el cultivar IPALA F1 fue el tratamiento con mayor producción, con un promedio de 95,367 Kg/Ha; registra mayor rendimiento en frutos de segunda y tercera. El cultivar EW 821, se registró un rendimiento total de 92,271 Kg/Ha, ubicándose en una segunda posición en el presente estudio, registrando mayor rendimiento en tomates de primera en relación al resto de cultivares.
- El Cultivar Ipala F1 presentó el mayor beneficio financiero, con una relación beneficio/costo de 3.53, seguida por el cultivar Ew 821 que presentó una relación de 3.43; por lo que son los dos cultivares que presentan mayor utilidad, si se comercializa la caja de tomate, equivalente a 50 libras en Q 90.00

9. RECOMENDACIONES

- Los agricultores que disponen de un sistema de producción de tomate con cobertura de mega túnel y que presentan problemas de *Ralstonia solanacearum* en sus suelos, pueden considerar como alternativa el uso del cultivar IPALA F1, pues tiene un grado significativamente alto de tolerancia a la enfermedad. Es aconsejable considerar que este sistema inicia a ser rentable, cuando el rendimiento superara los 95,367 Kg/Ha, equivalente a 2,938 cajas/manzana y se comercializa la producción a un precio mínimo de Q30.00 por caja de 22.7 kg.
- Realizar evaluaciones con nuevos cultivares de tomate tolerantes a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, comparándolos con los materiales que presentaron mejores resultados en la presente investigación, para priorizar genotipos tolerantes y económicamente factibles de utilizar en los sistemas de producción.
- Cuando se confirma la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los suelos de un sistema de producción, se debe estar consciente que es difícil su control, por lo que se deben tomar medidas para evitar su diseminación a otras áreas de la finca o a otras fincas; desinfectando el calzado, herramientas agrícolas, implementos del tractor y otros materiales usados en las áreas infectadas.
- Utilizar las mismas áreas de estudio en donde se ha confirmado la presencia de *Ralstonia solanacearum* y evaluar métodos alternativos y/o complementarios para el control de la Marchitez bacteriana en tomate bajo las condiciones de mega túnel.

1. Investigador Principal de CUNORI
2. Investigador auxiliar del CUNORI

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROS, 2011. Valor nutricional del tomate (en línea). México. Consultado el 18 de septiembre de 2016. Disponible en <http://www.agros.com.mx/es-mx/Empresas-del-Grupo/Tomate/Informacion-del-Tomate>
- Depestre, T; Gómez, O. 1999. Mejoramiento de tomate y chile pimiento. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. Presentado en curso de mejoramiento de hortalizas (1999, Guatemala). Guatemala. USAC. Facultad de Agronomía. P.6-36
- Estrada, E. 2011. 2012. Cultivo de tomate. Revista Guatemala productiva No.7 año 2. Prensa Libre. 29 de Julio de 2012.
- López, M; et al; 2016. Manejo Fitosanitario de la Marchitez Bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith) del tomate (*Solanum lycopersicum*). Universidad de el Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/9461/1/13101601.pdf>
- Mejía, L. 2007. Informe final Resistencia a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* para la producción sostenible del tomate en Guatemala. .Informe Final Proyecto AGROCYT 012-2004.
- Rodríguez, D. 2007. Determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, asociadas a marchites bacteriana en los cultivos de tomate y chile pimiento, en el oriente de Guatemala. USAC. Facultad de Agronomía. P.66.
- Sanchez, A; Mejía L.; Allen, C.; 2006. Estudio filogenético y de distribución de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en Guatemala. Tikalia 24(1). 17-23.



11. ANEXOS

Anexo No. 1: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Meses				
	Enero 2017	febrero 2017	Marzo 2017	Abril 2017	Mayo 2017
Fase 1 Establecimiento de la investigación					
1.1 Ubicación sitio					
1.2 Selección y compra de pilón					
1.3 Muestreo y análisis de suelo					
1.4 Preparación de suelo					
1.5 Instalación de casa malla					
1.6 Trasplante					
Fase 2: Desarrollo de la investigación					
2.1 Implementar plan fitosanitario.					
2.2 Implementar plan de fertilización					
2.2 Tutórela y podas					
2.3 Riegos					
2.4 Toma de datos de campo					
2.5 Días de campo					
2.6 Cosecha					
Fase 3: Análisis e interpretación de resultados					
3.1 Tabular y consolidar información					
3.2 Análisis e interpretación					
3.3 Elaboración de informe					
3.4 Presentación de resultados					
3.5 Elaboración de documento final.					

ANEXOS NO.2

Figura No. 2 Croquis del diseño experimental

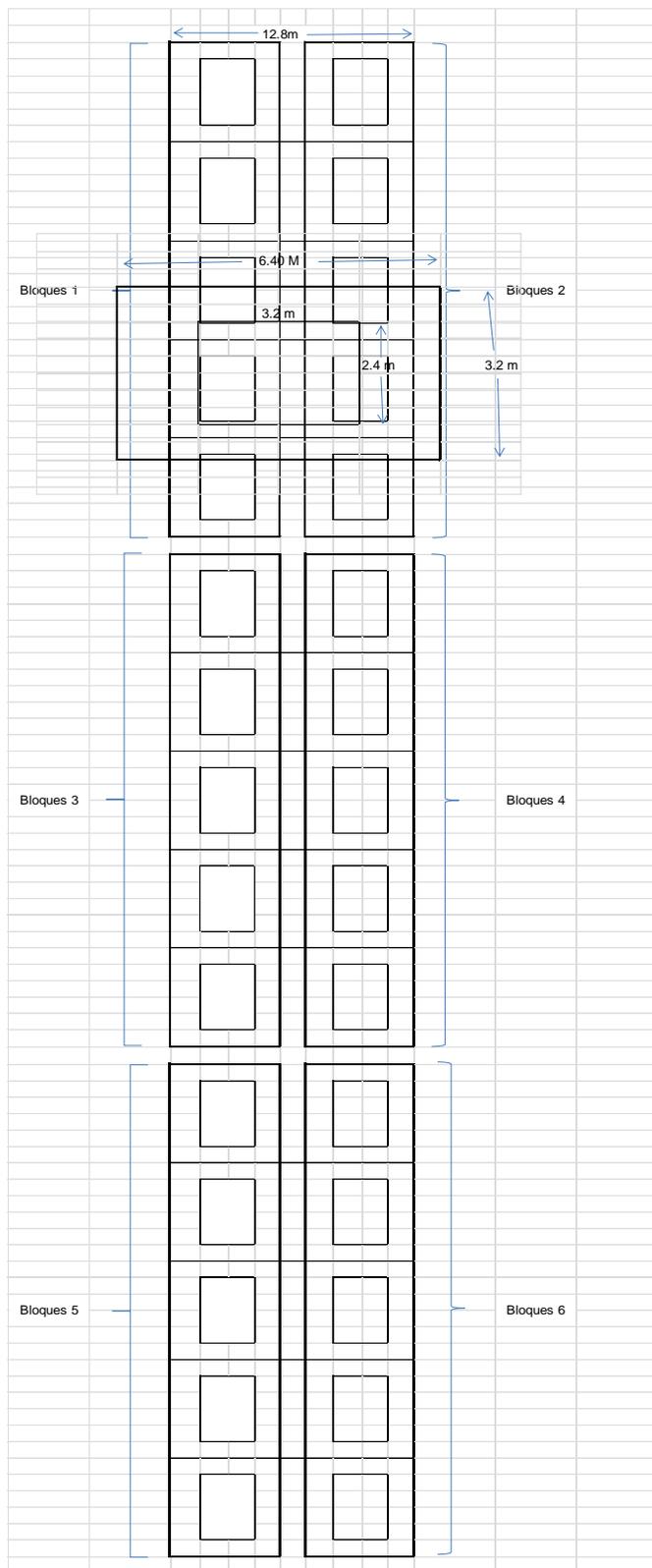


Figura 3 Unidad Experimental

**Anexo No. Resultados Análisis Bacteriología
practicado en 6 campos de cultivo.**



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

Muestras de suelo

No.	Código	Localidad
1	Muestra1	Ipala
2	Muestra 2	Ipala
3	Muestra1	Finca La Nobleza, Camotán
4	Muestra 2	Finca La Nobleza, Camotán
5	Muestra1	Finca CUNORI, Chiquimula
6	Muestra 2	Finca CUNORI, Chiquimula

Resultado análisis Bacteriología

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

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

UFC/g: unidades formadoras de colonia por gramo.

Resultado análisis Inmunología. Enzime-linked Inmuno Sorbent Assay (ELISA)

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

DIAGNÓSTICO

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



Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Milton Solís
Asunto Reporte de análisis de Bacteriología
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Código 0940317
Cultivo Tomate
Localidad Camotán
Fecha colecta 25 de Marzo del 2017
Fecha recepción 27 de Marzo del 2017
Fecha del informe 06 de Abril del 2017

Muestras de suelo y planta de tomate

No.	Descripción de muestra
1	M1 SUELO
2	M2 SUELO
3	M1 PLANTA
4	M2 PLANTA

Resultados análisis Bacteriología en suelo.

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

Descripción de muestra (suelo)	UFC de bacterias/g	Patógeno reportado
M1	17,000 UFC/g	<i>Ralstonia solanacearum.</i>
M2	15,000 UFC/g	<i>Ralstonia solanacearum.</i>

UFC/g: unidades formadoras de colonia por gramo.

Análisis Inmunología. Enzyme-linked Inmuno Sorbent Assay (ELISA)

Descripción de Muestra (suelo)	<i>Ralstonia solanacearum</i>
M1	POSITIVO
M2	POSITIVO

Resultados análisis Bacteriología en plantas (Base de tallo)**Análisis Inmunología. Enzime-linked Inmuno Sorbent Assay (ELISA)**

Descripción de muestra (Planta)	<i>Ralstonia solanacearum</i>
M1	POSITIVO
M2	POSITIVO

DIAGNÓSTICO

En las cuatro muestras analizadas (2 de suelo y 2 de planta de tomate), se detectó la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.



Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Milton Solís
Asunto Reporte de análisis de Fitopatología
Realizado por Dr. Marco Antonio Arévalo
Código 1220417
Cultivo Tomate
Localidad Chiquimula
Fecha colecta 24 de Abril del 2017
Fecha recepción 25 de Abril del 2017
Fecha del informe 02 de Mayo del 2017

Muestras de suelo

No.	Código
1	Camotán
2	Camotán
3	Ipala
4	Ipala
5	Camotán
6	Camotán

Resultado análisis Bacteriología

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

No. de muestra	UFC de bacterias/g	Patógenos reportados
1	21,000	<i>Ralstonia solanacearum.</i>
2	<10 UFC/g	No desarrollo de bacterias fitopatógenas
3	17,000	<i>Ralstonia solanacearum.</i>
4	23,000	<i>Ralstonia solanacearum.</i>
5	19,000	<i>Ralstonia solanacearum.</i>
6	15,000	<i>Ralstonia solanacearum.</i>

UFC/g: unidades formadoras de colonia por gramo.

Resultado análisis Inmunología. Enzime-linked Inmuno Sorbent Assay (ELISA)

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

DIAGNÓSTICO

En todas la muestras de suelo analizadas se detectó la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*, a excepción de la muestra número 2 de la localidad Camotán que los resultados dieron negativo para la bacteria.

