

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACIÓN DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE *Ralstonia solanacearum* EN EL CULTIVO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum*, EN LA ALDEA EL TEMPISQUE , AGUA BLANCA, JUTIAPA.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR

JORGE GIOVANNI LÓPEZ TZOC

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2,004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO:	Prof. Juvencio Chom Canil
VOCAL QUINTO:	Prof. Byron Geovany Gonzáles Chavajay
SECRETARIO:	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, noviembre de 2,004

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores representantes:

De conformidad a las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE *Ralstonia solanacearum* EN EL CULTIVO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum*, EN ALDEA EL TEMPISQUE, AGUA BLANCA, JUTIAPA

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Espero que el presente trabajo de investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento por la atención a la presente.

Atentamente,

Jorge Giovanni López Tzoc.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS MI SEÑOR

Por darme de su amor, fortaleza y sabiduría, para alcanzar una de mis metas.

MI MADRE

Esperanza Tzoc Barrera, por sus oraciones, sacrificios y amor en mi vida.

MI ABUELITA



Fermania Barrera Donis, porque fue como una madre, por todo su amor, esfuerzos y consejos que siempre me dio.

MIS TIOS:

Carlos y Esther, por todo su apoyo incondicional, consejos y por quererme como a un hijo, Dios los bendiga.

MI ESPOSA:

Brenda Mariela, quien es una luz en mi vida y por su apoyo en la fase final de mi carrera. Con todo mi amor.

MI HIJO:

Paulo Esteban, por ser un tesoro hermoso que Dios me dio para amar y cuidar; y por todas las alegrías que ha dado a mi vida.

**MIS HERMANOS Y
PRIMOS**

Manuel, Guillermo, Sergio, Héctor, Johana, Jeaneth e Ivone con mucho cariño y por todo su apoyo.

MI CUÑADO:

Francisco, por su apoyo y motivación en la fase final de mi documento de tesis.

MIS AMIGOS:

Héctor, Luis, Manuel, René, Freddy, Axel, con mucho cariño.

MIS COMPAÑEROS:

Jorge García y Álvaro Soto, por su amistad y apoyo en mi carrera.

TESIS QUE DEDICO

A:

MI PATRIA, GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN MI
FORMACIÓN**

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez Valenzuela, por su orientación profesional y colaboración en el desarrollo de la presente investigación

Dr. Edin Francisco Orozco Miranda , por su valioso aporte en la interpretación y análisis de resultados.

Empresa OLEFINAS, S.A. , por aportar las películas de polietileno, utilizado en la investigación.

Ing. Agr. Jesús Alberto Mazariegos Robledo, por su colaboración y apoyo para finalizar el documento.

Productores de tomate del mini-riego del Tempisque, Jutiapa, por proporcionar el área experimental y colaborar con la presente investigación.

ÍNDICE

	No. Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1 INTRODUCCIÓN	1
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3 MARCO TEÓRICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1. Marchitez bacteriana sobre las solanáceas	3
3.1.1.1. Reseña histórica	3
3.1.1.2. Clasificación actual	3
3.1.1.3. Características de la bacteria	4
3.1.1.4. Sintomatología de la enfermedad	5
3.1.1.5. Aspectos epidemiológicos	6
3.1.1.6. Efecto de la temperatura	7
3.1.1.7. Otros hospedantes de la bacteria	8
3.1.1.8. Distribución geográfica de la bacteria en Guatemala	8
3.1.1.9. Condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad	8
3.1.1.10. Medios de diseminación de la bacteria	9
3.1.2. Solarizado	9
3.1.2.1. Esencia del método y condiciones de implementación	10
3.1.2.2. Experiencias con el uso de la solarización como método de control	12
3.1.2.3. Ventajas y limitaciones del solarizado	15
3.2. MARCO REFERENCIAL	17
3.2.1. Ubicación geográfica	17
3.2.2. Cultivos importantes	17
3.2.3. Desarrollo de <i>Ralstonia solanacearum</i> en aldea El Tempisque	17
3.2.4. Experiencias con el método de solarizado para el control de <i>Ralstonia solanacearum</i>	18
4 OBJETIVOS	20
5 HIPÓTESIS	21
6 METODOLOGÍA	22
6.1. Tratamientos evaluados	22
6.2. Descripción de los tratamientos	22
6.2.1. Solarizado	22
6.2.2. Testigo absoluto	22
6.3. Diseño experimental	23
6.4. Variable respuesta	23
6.4.1. Incidencia de la enfermedad	23
6.5. Análisis de la información	24

6.5.1. Análisis estadístico	24
6.6. Manejo del experimento	24
6.6.1. Determinación de la presencia de la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i>	24
6.6.2. Preparación del terreno	24
6.6.3. Colocación de los tratamientos	25
6.6.4. Riego	25
6.6.4. Trasplante	25
6.6.5. Fertilización	25
6.6.6. Control de plagas y enfermedades	25
6.6.7. Control de malezas	26
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7.1. Incidencia de la enfermedad	27
7.2. Tasa de incremento de la marchitez bacteriana	30
7.3. Análisis estadístico de la incidencia de la marchitez bacteriana	31
8 CONCLUSIONES	34
9 RECOMENDACIONES	35
10 BIBLIOGRAFÍA	36
11 ANEXO	39

ÍNDICE DE CUADROS

1	Descripción de tratamientos evaluados para el control de <i>Ralstonia solanacearum</i> , en el cultivo de tomate, en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	22
2	Incidencia de marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i> , en el cultivo de tomate, promedio de cuatro repeticiones en la evaluación de períodos de solarizado en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	28
3	Valores de tasa de incremento de la marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i> , en el cultivo de tomate en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	31
4	Análisis de varianza para la variable incidencia de la marchitez bacteriana provocada por <i>Ralstonia solanacearum</i> en el cultivo de tomate en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	31
5	Número de plantas enfermas de las diferentes lecturas tomadas en los tratamientos evaluados para el control de <i>Ralstonia solanacearum</i> en el cultivo de tomate en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	40
6	Precipitación pluvial año 2,000, según información del INSIVUMEH Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	41
7	Sumatoria de estadísticas utilizadas para seleccionar un modelo adecuado para describir la incidencia de marchitez bacteriana en la evaluación de períodos de solarizado, en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Curvas de regresión de la incidencia de marchitez bacteriana ocasionada por <i>Ralstonia solanacearum</i> en el cultivo de tomate con cuatro períodos de solarizado en el Tempisque, Agua Blanca Jutiapa, 2000.	29
2	Comparación de cuatro períodos de solarizado contra un testigo absoluto, para la variable incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> , el cultivo de tomate. Valores seguidos con la misma letra no difieren entre sí. En el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000	32
3	Croquis de campo de la distribución de los tratamientos y sus repeticiones	42
4	Vista general del experimento en campo, en El Tempisque, Agua Blanca Jutiapa, 2000.	43
5	Vista general de la marchitez bacteriana en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa 2000.	43

EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE *Ralstonia solanacearum*, EN EL CULTIVO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum*, EN EL TEMPISQUE, AGUA BLANCA, JUTIAPA.

EVALUATION OF SOLARIZATION FOR THE CONTROL OF *Ralstonia solanacearum*, IN *Lycopersicon esculentum*, PRODUCTION, EL TEMPISQUE, AGUA BLANCA, JUTIAPA.

RESUMEN

La bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith 1986) afecta el cultivo de tomate provocando la enfermedad conocida como marchitez bacteriana. Su incidencia puede llegar hasta 80% y en casos muy severos a un 100%.

La bacteria es un problema para los agricultores que cultivan tomate, tanto por los daños que causa, como por los altos costos de los tratamientos para tratar de controlarla.

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto del control del solarizado en la incidencia de la bacteria en mención, también determinar el periodo de solarizado que permita el mayor control en la incidencia de *Ralstonia solanacearum*. Se evaluaron 4 tratamientos contra un testigo absoluto (un total de 5), la investigación se llevo a cabo en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa.

Los tratamientos se colocaron en abril del 2000, con intervalo de 1 semana por los de menor periodo, de tal manera de retirarlos el mismo día.

En los resultados obtenidos, el solarizado de 7 semanas presentó el menor índice de incidencia con 8%, seguido del solarizado de 6 semanas con 10.25%, con 13.25% el solarizado de 8 semanas, el solarizado de 5 semanas con 20.5% y finalmente el testigo absoluto que presentó 24.5% de incidencia, presentando la mayor incidencia. Se realizó el análisis estadístico y se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de solarizado de 6,7 y 8 semanas con respecto al solarizado de 5 semanas y el testigo absoluto.

Se puede decir entonces que el solarizado si tiene efecto significativo en el control de *Ralstonia solanacearum*, en el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa. Es importante mencionar que en los resultados obtenidos el solarizado de mayor exposición de 8 semanas, no fue el mejor pero estadísticamente son iguales al de 7 semanas.

Se recomienda utilizar el solarizado con periodo de 7 semanas, ya que es el que mejor resultado presento, con una eficiencia del 67% con respecto al testigo absoluto.

1. INTRODUCCION

La marchitez bacteriana en tomate causada por *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1986), anteriormente conocida como *Pseudomonas solanacearum* = *Burkholderia solanacearum*, ha sido 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, y por ser una enfermedad de control extremadamente difícil (1,16).

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 (26).

En Guatemala según las investigaciones realizadas y algunos diagnósticos hechos en distintos laboratorios se ha encontrado esta bacteria en el altiplano central, occidental y sur-oriente.

Este trabajo presenta los resultados de la evaluación del solarizado para el control de *Ralstonia solanacearum*, en el mini riego de El Tempisque, municipio de Agua Blanca, Jutiapa donde se evaluaron 4 épocas de solarizado contra un testigo absoluto. El solarizado fue colocado en los meses de finales de abril a junio, terminando el experimento en septiembre del 2000 y se tomaron un total de 7 lecturas para monitorear la enfermedad; el diseño utilizado fue de bloques al azar. La variable respuesta fue incidencia de la enfermedad.

En los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos el solarizado de 7 semanas, presentó la menor incidencia de la enfermedad en el campo, comparado contra el testigo que fue el que mayor incidencia reportó.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La marchitez bacteriana ocasionada por *Ralstonia solanacearum*, es un problema importante en el cultivo de tomate en Guatemala, tanto por las pérdidas directas que causa, como los altos costos de los tratamientos para su control, los cuales han sido poco efectivos. Dentro de ellos se menciona el control químico, sin embargo, ha mostrado ser deficiente. En Guatemala el control químico es utilizado por los productores de tomate en El Tempisque, Jutiapa, para tratar de controlar la bacteria, sin embargo los resultados son negativos.

Los síntomas de la enfermedad bacteriana de las solanáceas aparecen como una marchitez repentina, las plantas jóvenes mueren con rapidez, mostrando debilitamiento y manchado de sus hojas, caída de estas últimas, marchitamiento solo de un lado y atrofia antes de que se marchiten y mueran, también puede provocar un desarrollo excesivo de raíces adventicias en las plantas infectadas (1, 16).

Según algunas citas bibliográficas, se ha encontrado que la técnica de solarizado como método de control, reduce la incidencia de la marchitez bacteriana y ha mostrado ser eficiente también para el control de otras plagas y fitopatógenos (20, 25).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Marchitez Bacteriana de las Solanáceas

3.1.1.1 Reseña Histórica

Los primeros indicios del apareamiento de la enfermedad a nivel mundial se dieron en Italia en 1882, de allí su dimensión a otras partes del mundo como Asia, África del sur, Filipinas, La India, Indonesia, Japón, Ceilán norte de Australia y recientemente en Suecia y Holanda (11).

En América Latina fue localizada en 1965, en áreas amazónicas de América del Sur y en Guatemala en el municipio de Palencia, también se tiene conocimiento de la presencia de esta enfermedad a grandes altitudes de Costa Rica y Perú (11).

Localizada y aislada se procedió a la demostración de su patogenicidad identificándose como *R. solanacearum*. E:F: Smith raza 3, esta identificación se llevó a cabo en 1914 (11).

3.1.1.2 Clasificación Actual

Con el análisis de secuencia del fragmento 16S de ARN ribosomal, se ha determinado que a nivel más alto *R. solanacearum* es un miembro de la beta subdivisión de la clase Proteo bacteria según Hayward, como especie citada por Orozco, el agente causal de la marchitez bacteriana fue descrita, por primera vez, como *Bacillus solanacearum* por Shieber. Desde entonces ha sufrido modificaciones y ha recibido denominaciones y la nomenclatura dada, en 1914, por el propio Smith como *Pseudomonas solanacearum* (Smith), prevaleció por muchos años (16,25).

En 1992 fue reclasificada por Yabuuchi et al; citado por Orozco (1,997) dentro del grupo II de homología de rARN de Pellaroni et al. 1973, como *Burkholderia solanacearum* (Smith). Entretanto, fue nuevamente reclasificada dentro del mismo

grupo, pero como un nuevo género. *Ralstonia*, este género se creó para situar el grupo de homología de ADN distinto del grupo de la especie tipo *Burkholderia cepacia* con base en los datos de análisis filogenético de la secuencia de nucleotidios de rADN de 16S, hibridación de rARN-ADN, análisis de lípidos celulares y de ácidos grasos y de las caracterizaciones fenotípicas (5,16).

En este nuevo contexto el género *Pseudomonas* pasó a formar parte del grupo de las especies fluorescentes (Grupo I) y las fitopatogénas no fluorescentes quedaron distribuidas entre los géneros *Acidovorax* en el grupo III; *Burkholderia* y *Ralstonia* en grupo II.

En el ámbito infrasub-específico *R. solanacearum* ha sido clasificada de acuerdo con el hospedero, distribución geográfica, patogenicidad, relaciones epidemiológicas y propiedades fisiológicas (16).

La raza 1 (Biovares, 1,3 y 4) ataca gran número de plantas, incluyendo papa, tomate, berenjena, tabaco, solanáceas en general y a algunas malezas. La raza 2 (Biovares 1, 3 y 4) afecta al banano y similares. La raza 3 (Biovar 2) es considerada específica de la papa, mas está asociada con algunas otras solanáceas según Hayward, citado por Orozco (16).

En Guatemala esta bacteria es de importancia económica principalmente en banano, tomate, papa y otros cultivos. Si embargo, no hay estudios detallados que brinden información de las estirpes, razas y biovares existentes (16).

3.1.1.3 Características de la Bacteria

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 (25).

R. solanacearum no provoca la hidrólisis del almidón es resistente a la desecación y su desarrollo en caldo de cultivo, y es inhibido por bajas concentraciones de sal. El desarrollo de la enfermedad es lento cuando la temperatura del suelo se mantiene a 32 °C y a concentraciones bajas de nitrógeno (20).

La marchitez causada por *R. solanacearum* es de las más determinantes e importantes en el cultivo de papa, la pudrición causada por Erwinia y Clostridium, se consideran de menor importancia. Las colonias de *R. solanacearum* que son del tipo silvestre virulento tienen aspecto redondeado irregular, de color blanco con el centro rosado (20).

3.1.1.4 Sintomatología de la enfermedad

Los síntomas que se observan en el campo son: marchitez, enanismo y amarillamiento del follaje. Estos pueden hacerse presentes en cualquier estado de desarrollo del hospedante. En plantas jóvenes de variedades altamente susceptibles, la infección provoca una severa marchitez del follaje, decaimiento de los tallos y a la vez que aumenta la aparición y desarrollo de raíces adventicias a lo largo del mismo. Inicialmente solo una rama de la planta puede presentar la sintomatología, cuando el progreso de la enfermedad es violento, todas las hojas de la planta de una misma mata pueden marchitarse rápidamente sin que se note un marcado cambio de color. Las hojas marchitas palidecen, tomando una coloración verde claro, y finalmente se tornan de color castaño. En los tallos jóvenes se puede observar a través de la epidermis unas rayas oscuras que corresponden a la de los haces vasculares infectados, taponados por enormes cantidades de material coloidal, originado por las bacterias lo que impide el paso de la sabia causando la marchitez de la planta. Un signo que es valedero para la diagnosis de la bacteria es la presencia de gotitas brillantes de color castaño grisáceo que exudan del xilema cuando se hace un corte transversal en el tallo si se ponen en contacto dos superficies de corte del tallo infectado y luego se alejan lentamente se pueden observar hilos delgados de mucosidad que se estiran. Para demostrar la presencia de la bacteria en el tejido vascular, se extrae una sección del tallo enfermo y se coloca en un vaso de

agua. Por tensión superficial la porción del tejido flota quedando una parte sumergida y otra ligeramente sobre la superficie del agua. Observándose a través de la pared del vaso el flujo bacteriano, que emerge del xilema en forma de hilos de color lechoso que se proyectan hasta el fondo. Estos hilos están constituidos por masas bacterianas unidas por material viscoso extracelular (26).

3.1.1.5. Aspectos epidemiológicos

Dentro de la epidemiología de la marchitez bacterial, la sobrevivencia del patógeno en áreas infestadas, como las formas de diseminación y el efecto de la temperatura, pueden ser considerados como los aspectos más importantes (16).

a. Sobrevivencia en áreas no infestadas

Ralstonia solanacearum parece ser una bacteria adaptada a colonizar raíces de plantas como rizobacterias y con una patogenicidad con excepción a la regla que sucede en condiciones edafoclimáticas especiales. Siendo así, la mayoría de las plantas hospederas pueden ser asintomáticas y no susceptibles, según Melo, citado por Orozco (16).

Las altas poblaciones de Ralstonia solanacearum están asociadas a infecciones sistémicas o localizadas en raíces de plantas hospederas resistentes o asintomáticas. Viana (1995) citado por Orozco (1,997), encontró una población elevada de Rs biovar 1 en raíces de repollo, pudiendo causar infección interna, en ensayo en vasos inoculados en invernaderos (16).

Se ha demostrado que muchas especies de plantas cultivadas como remolacha, frijón, caupí y repollo que son consideradas normalmente como plantas no hospederas, pueden mantener poblaciones elevadas de muchas estirpes de los biovars 1 y 3, según Melo & Bringel, citados por Orozco (1,997) (16).

b. Diseminación a través de materiales de propagación vegetativa

Materiales de propagación vegetativa como tubérculos, rizomas y plántulas son los vehículos más eficientes de diseminación de Rs a largas distancias y para nuevas plantaciones. Plántulas de banano infectadas son el principal medio de diseminación del moco del banano para nuevas plantaciones y también para largas distancias. Plántulas de Heliconia pueden servir también de vehículo eficiente de transporte del agente causal del moco del banano, conforme fue detectado en Australia en plántulas importadas identificadas como biovar 1, grupo de RFLP 28, encontrado solamente en América del Sur, reporta Gilligs & Fahy, citados por Orozco (16).

c. Diseminación a través de semilla botánica

La diseminación a través de semilla botánica ha sido comprobada en tomate y en manía; Zhang, (1993) (29).

d. Otras formas de diseminación

La diseminación de la bacteria de planta a planta del moco del banano puede ser a través del contacto de las raíces, por insectos que visitan las inflorescencias y a través de las herramientas de corte (16).

3.1.1.6 Efecto de la Temperatura

La marchitez bacterial es una enfermedad que presenta mayor incidencia y severidad en regiones tropicales y lo mismo en las regiones de clima subtropical o templado, ella se manifiesta más y con mayor severidad en los períodos más calientes. De modo general en pruebas de patogenocidad de rutina, casi la totalidad de aislados de biovar 3 y la mayoría del biovar 1 no reproducen síntomas de MARCHITEZ a temperatura de los horarios más calientes del día que no estuvieren entre 20 a 35 °C ó cuando la temperatura nocturna bajó a menos de 20 °C, esto ocurre también para muchos aislados del biovar 2T (17).

Hayward (1991) citado por Orozco, describe que la temperatura es el factor más importante que afecta la interacción patógeno-hospedero y que el aumento de la

temperatura ambiente para 30-35 grados centígrados durante el día, aumenta también la incidencia y la severidad de marchitez bacteria, pero no para todas las estirpes del patógeno. Plantas que eran resistentes o moderadamente resistentes pueden tornarse susceptibles a temperaturas más altas, siendo la resistencia, por lo tanto sensible a temperatura y a la estirpe específica. Describe que aún no está claro éste cambio en la resistencia, y que se debe al factor virulencia del patógeno que es la expresión de genes de resistencia del hospedero en temperaturas elevadas (16).

Identificar las características de comportamiento de las diferentes estirpes del patógeno en relación del hospedero y en función de las diferentes condiciones de temperatura es un aspecto extremadamente importante para los conocimientos epidemiológicos y para las estrategias de control de la MARCHITEZ bacteriana. Estas características envuelven no sólo los fenómenos de manifestación y de recuperación de la enfermedad que ocurren en las variaciones de temperatura, como también a la sobrevivencia o fluctuación poblacional del patógeno en raíces de diferentes plantas asintomáticas o no susceptibles (16).

3.1.1.7 Otros hospedantes de la bacteria

La marchitez bacteriana causada por *R . solanacearum* es una de las enfermedades más peligrosas y por lo tanto de mucha importancia pues ataca plantas pertenecientes a 33 familias botánicas diferentes, estando el mayor número de ellas dentro de la familia solanaceae y otras que incluyen tabaco, tomate, chile, berenjena, pimentón, maní, banano, plantas ornamentales, malezas y hortalizas (26).

3.1.1.8 Distribución Geográfica de la bacteria en Guatemala

Schieber, en 1965 informó por primera vez el apareamiento de la bacteria en el municipio de Palencia (25).

En la actualidad se encuentra diseminada en el área de Palencia, Chimaltenango, en el departamento de Sololá, en los departamentos de Huehuetenango y zonas del Quiché (12)

3.1.1.9 Condiciones que favorecen el Desarrollo de la enfermedad (16)

- a. Humedad relativamente alta del suelo.
- b. Temperaturas altas (24 oC) con suficiente humedad
- c. Mal drenaje en el suelo
- d. Aportación alta con superfosfato a los suelos.
- e. Los días cortos y bajas temperaturas
- f. Disminución de las sales del suelo
- g. Soluciones nutritivas pobres en K, sobre todo en verano.
- h. Bajas concentraciones de nitrógeno en el suelo

3.1.1.10 Medios de Diseminación de la Bacteria

Ralstonia solanacearum puede ser transmitida por insectos masticadores, maquinaria agrícola, agua de riego y lluvia, los tubérculos afectados o tallos afectados pueden ser fuente de inóculo (1).

La bacteria puede penetrar a los tallos y tubérculos a través de heridas en las raíces o sin existencia de estas. El patógeno habita en el suelo debido a que establecen sus poblaciones dentro de las plantas, y persiste en algunos suelos durante muchos años (1).

3.1.2. Solarizado

La solarización del suelo es un método físico de control de plagas y enfermedades, mediante el uso de cubiertas plásticas negras o transparentes en la parte superior y húmeda del suelo. El plástico transparente permite que la energía radiante del sol sea transmitida y atrapada como longitud de onda larga en el suelo, calentando los niveles superiores; el plástico negro permite cierto calentamiento pero no al grado del plástico transparente. Durante la solarización en los meses cálidos de verano, las temperaturas se incrementan a niveles letales para la mayoría de los organismos que causan enfermedades en las plantas, semillas de malezas y nematodos. La solarización también mejora la estructura del suelo e incrementa la disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes esenciales (15).

Las láminas pueden dejarse sobre el suelo por un período de 4 a 6 semanas recomendablemente, sin embargo por existir algunos organismos resistentes, este se puede prolongar hasta 8 semanas; pasado el período indicado del suelo, se descubre y se procede a la siembra (15).

Algunas plagas del suelo y malezas han sido parcialmente controladas en algunos vegetales y frutos con aplicación de pesticidas incluyendo Bromuro de metilo y Cloropirrina, como siempre el uso de estos fumigantes en el suelo es muchas veces indeseable debido al grado de toxicidad de estos para animales y humano, sus residuos tóxicos en los materiales de las plantas y el suelo. La complejidad del tratamiento del suelo y su alto costo, además, las restricciones de muchos pesticidas aplicados al suelo, como resultado de estas restricciones ha habido un mayor énfasis en métodos de control no químicos (9).

3.1.2.1 Esencia del Método y Condiciones de Implementación

El principio básico en el cual se basa la solarización reside en la tolerancia a los cambios de temperatura de los organismos nocivos del suelo, los cuales tienen carácter mesofílico, es decir no soportan temperaturas por encima de los 31 a 32 °C, por lo que su eliminación es factible si se logran tales niveles térmicos en el suelo (8).

Este método fue ensayado y propuesto por primera vez por Katan en Israel, es un proceso hidrotérmico que crea condiciones de alta temperatura en el suelo, lo que resulta principalmente en el período de pre-siembra o preplantación para controlar un buen número de plagas del suelo (9).

Para que la solarización del suelo tenga un control adecuado de plagas es necesario tener en cuenta ciertas condiciones:

A. Características del Plástico

Regularmente se utilizan películas plásticas de polietileno, aunque en algunos casos se ha utilizado de color negro con el mismo fin, el polietileno es el plástico más

recomendado ya que permite mayor paso de radiación solar. La mayoría de las experiencias de la solarización demuestran que los plásticos más delgados son los más eficientes que los gruesos debido a que se adhieren mejor a la superficie del suelo y evitan la presencia de bolsas de aire que ocasionarían el enfriamiento del mismo (9).

B. Preparación del Suelo

Es indispensable evitar la presencia de agregados y terrones grandes que formen bolsas que enfríen el suelo, si se quiere evitar esto la preparación del suelo debe ser cuando este está húmedo lo cual permite un desmenuzamiento adecuado de los terrones. La adsorción de la radiación por el suelo y consecuentemente el calentamiento del mismo es mayor si la película de plástico se encuentra estrechamente unida al suelo con el mínimo de espacio entre el plástico y el suelo (9).

C. Humedad del suelo

Los suelos húmedos ya sean irrigados antes o después de la colocación del plástico incrementan la sensibilidad térmica de la microflora y micro fauna del suelo así como la transmisión de calor del suelo (9,15).

La solarización del suelo es más atractiva cuando el suelo tiene una saturación del 79% o más de su capacidad (6).

D. Régimen de Radiación Solar

Uno de los factores que mayor impacto van a mostrar sobre los factores de la técnica de la solarización es sin lugar a dudas la cantidad de radiación solar disponible en el región en forma general se puede establecer que a mayor intensidad de la radiación solar se obtiene una mayor temperatura del suelo y consecuentemente se puede esperar una drástica reducción de los niveles de hongos fitopatógenos (9).

E. Tiempo de Permanencia del Plástico en el terreno

Se ha observado que existe una correlación positiva entre el tiempo de exposición de las películas plásticas y control de microorganismos y plagas del suelo. En

condiciones de intensa radiación solar se requiere únicamente de 10 a 15 días de solarización para la desinfección adecuada del suelo. Aunque como lo indica Elmore, algunos organismos relativamente resistentes al calor puede requerir hasta ocho semanas para su control (6,15).

3.1.2.2. Experiencias con el uso de la solarización como método de control

a. Malezas

La solarización en el suelo es especialmente efectiva para el control de malezas de cultivos como Cebolla, zanahoria, brócoli y otras brasicas como lechuga. La técnica controla plantas parásitas ejerce control sobre gran cantidad de plantas anuales y posee deficiencias en el control de especies perennes con rizoma o bulbos a cierta profundidad del suelo (15).

Semillas y plántulas de muchas malezas anuales y perennes son controladas con solarización del suelo. Algunas especies son muy sensitivas a la solarización otras son moderadamente resistentes y requieren de condiciones óptimas (buena humedad del suelo, plástico adecuado y alta radiación solar) para su control (6).

Las malezas anuales son especialmente sensitivas a la solarización su control es evidente por más de un año después el tratamiento. El control de algunas especies como *Portulaca oleraceae* (L.) y *Digitalia sanguinalis* (L.) Scop, es más difícil de lograr. Semillas de pasto Bermuda *Cynodon dactylum* (L.) Pers. Pasto Johnson *Sproghum halapense* (L.) Pers, son controlados efectivamente, sin embargo, *Cyperus rotundus* (L.) no es afectada significativamente (6).

La presencia de malezas durante la solarización puede tener efectos negativos sobre las películas al romper las mismas por la presión que ejercen contra estas a medida que van creciendo, lo cual hace ineficiente el solarizado (23).

Gaitán en su tesis menciona a la verdolaga *Portullaca oleraceae* y al Bledo *Amaranthus* Spp como malezas resistentes a efecto del solarizado (8).

Es necesario tomar en cuenta que el solarizado puede tener un efecto estimulador sobre las malezas como *Tribolium hirsutum* L., además se ha demostrado que en condiciones de baja radiación solar el uso intensivo de solarización puede favorecer la predominancia de especies de malezas con ligera tolerancia o mediana resistencia a los incrementos de la temperatura del suelo (8).

b. Hongos Fitopatógenos

La mayor parte de los hongos fitopatógenos son incapaces de soportar temperaturas arriba de los 30 a 33 oC y son susceptibles a ser controlados con la solarización del suelo. Algunas excepciones incluyen hongos como *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich, *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp, *Fusarium oxysporum* (Shlechtend) f. Spp. *Opini* y especies de *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. y *Micorrizae* spp (5).

Resultados en Arveja China en Sacatepéquez, Guatemala, indican que hongos como *Fusarium solani* (Jun) *Fusarium oxysporum* (Shlechtend) y *Ascochyta* spp. Fueron controlados en porcentajes arriba del 70% en todos los casos (8).

Con el hongo *Plasmodiophora brassicae* (Wornin) se a evaluado la técnica en Chimaltenango y Guatemala en la cual se ha logrado reducir la incidencia de la enfermedad al 0%, utilizando solarizado simple y en combinación con encalado (12,18).

En trabajos realizados en España en cultivos de Sandía y algodón, los hongos *Fusarium oxysporum* (Shlechtend) y *Verticillium dahliae* (Kleb) fueron controlados eficientemente con el solarizado del suelo. El hongo *Fusarium solani* (Mart) también tuvo un buen control con la solarización del suelo en el norte de Irak. Se ha comprobado también el efecto subletal que tiene el solarizado sobre algunos propagulos de hongos haciendo más susceptible estos al ataque de antagonistas. Trabajos con *Pythium ultimum* (Trow), *Rhizoctonia solani* (Kuhn), *Verticillium dahliae* (Kleb) y *Thielavioposisi basicola* (Berk y Broome Ferraris) demuestran lo anterior (4).

c. Nematodos

La solarización del suelo puede ser usada para el control de algunas especies de nematodos, sin embargo, la solarización del suelo no siempre es tan efectiva en el control de nematodos como lo es con los hongos y las malezas, los nematodos son móviles y pueden recolonizar rápidamente el suelo (6).

El uso de solarización para el control de nematodos ha sido estudiado en diferentes países y para diferentes géneros y especies de nematodos, sin embargo, la mayoría de estudios se ha inclinado hacia las especies de *Meloidogyne*, los resultados de este género han sido muy variados y van desde muy pobres hasta los más efectivos, otros nematodos en los cuales se ha evaluado el solarizado incluyen a *Pratylenchus spp.*, *Ditylenchus dipsaci* (Kunt), *Heterodera spp.*, *Rotylenchus reniformis* (Linford y Oliveira), *Tylenchorinches spp.*, *Macrostonia spp.* y *Trichodorus spp.* El control de nematodos con solarizado ha sido más efectivo cuando se integra con otros métodos que cuando se aplica solo (7).

En Arveja china se reporta el control de *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Longidorus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* y *Tylenchus* usando solarizado en el suelo (9).

d. Bacterias

Durante la solarización del suelo poblaciones de *Pseudomonas fluorescentes* (Winslow) y bacterias gram positivas incluyendo especies de *Bacillus*, pueden ser reducidas del 78 a 86% comparados con suelos no solarizados asimismo poblaciones de Actinomicetos son reducidos de 58 a 45 %. *Agrobacterium spp.* es altamente sensible a la solarización y sus poblaciones son reducidas arriba del 72 %, lo mismo ocurre con especies de *Rhizobium* (4).

Algunas especies de bacterias como *Ralstonia solanacearum* (E.F. Smith) son difíciles de controlar mediante el uso de solarización del suelo, sin embargo, *Agrobacterium tumefaciens* (E.F. Smith y Towns) y *Streptomyces scabies* (Thaxter y Wakman) si son controlados mediante el uso de este método (6).

3.1.2.3 Ventajas y Limitaciones del Solarizado (6,9) .

A. Ventajas

- a. La solarización es un método sencillo y no químico. No hay riesgos de salud asociados con su uso y requiere de registros como los productos químicos, las cosechas producidas libres de usos de plaguicidas pueden tener acceso a mejores precios en el mercado.
- b. Controla múltiples plagas y enfermedades del suelo incluyendo enfermedades fungosas, malezas y nematodos.
- c. Es selectivo para los microorganismos benéficos los cuales aumentan el control sobre las enfermedades y plagas del suelo.
- d. Tiende a incrementar la fertilidad del suelo incrementos en la solubilidad de NO₃, NH₄, Ca, Mg, K y materia orgánica soluble son comunes después de la solarización.
- e. Puede acelerar la descomposición de materiales aplicados al suelo como en el caso de estiércol fresco.
- f. Resulta más económico ya que el efecto puede durar por varios ciclos de cultivo, lo que reduce el uso de plaguicidas, y en algunos casos puede reutilizarse el plástico.

B. Limitaciones (6,9).

- a. Su uso se restringe a climas o áreas con veranos calurosos.
- b. Es necesario dejar el terreno libre del cultivo en un periodo de 4 a 8 semanas.
- c. Hay acumulación de plástico en grandes cantidades cuando se aplica en extensiones muy grandes.

- d. Algunas enfermedades no son controladas o su control es difícil con la solarización del suelo.
- e. Cuando las cubiertas plásticas son aplicadas en bandas no hay control de plagas en los surcos entre plantas.
- f. Su costo puede ser inaccesible para pequeños agricultores que practican agricultura de subsistencia.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Ubicación Geográfica

El estudio fue realizado en la aldea El Tempisque, que pertenece al municipio de Agua Blanca, departamento de Jutiapa, se encuentra a 167 kilómetros de Guatemala y a 910 msnm, latitud norte de 14 grados 29'18", longitud oeste de 89 grados, 37'48", esta aldea no cuenta con bosques y tiene una extensión de 78 caballerías. Cuenta con caseríos los cuales son: Panalvia, Chaguite, San Patricio y Tierra Colorada (14).

3.2.2. Cultivos importantes

Arroz, este cultivo es uno de los más importantes ya que es el que han cultivado por años y les ha proporcionado el sustento familiar y mayor fuente de empleo hasta 1996, este se siembra en grandes extensiones, además se siembran cultivos de subsistencia como maíz y frijol. En 1995 fue inaugurado el sistema de riego donado por el gobierno del Japón y Guatemala, el cual fue hecho con una capacidad para cubrir 50 manzanas para siembras de hortalizas, actualmente los habitantes del lugar siembran un total de 40 manzanas bajo riego, entre tomate y chile. La aldea El Tempisque se ha convertido en la más importante del municipio de Agua Blanca en la producción del cultivo de tomate, el promedio va de 1500 a 2000 cajas de tomate por manzana, se considera que tienen una tecnología media ya que utilizan sistema de riego por goteo y una gran variedad de agroquímicos y fertilizantes, además este cultivo ha venido a generar mayores ingresos y fuentes de empleo para los habitantes del lugar y caseríos vecinos (14).

3.2.3. Desarrollo de *Ralstonia solanacearum*, en la aldea El Tempisque

Según los agricultores del lugar, que se dedican a la producción del cultivo de tomate, la enfermedad se reportó por primera vez en la aldea vecina El Amatillo perteneciente a Ipala, Chiquimula entre 1996 – 1,997, el tractor que se utilizaba en dicha aldea para la preparación de la tierra, se usaba también en El Tempisque y observaron que después de esto en la segunda temporada de siembra (época de invierno) aparecieron las primeras plantas infectadas siempre en el año 1997, ya para 1998 el problema se hizo mayor observando pérdidas de un 20%, hasta un 70%. Actualmente utilizan los

bactericidas existentes para tratar de controlar a *Ralstonia solanacearum*, pero han sido ineficientes, por lo que les ha quedado únicamente la erradicación de plantas infectadas.

3.2.4. Experiencias con el método del solarizado para el control de *Ralstonia solanacearum*

El método de solarización del suelo se evaluó por primera vez por Katan en 1976 para el control de *Verticillium* en berenjena de ahí en adelante se han evaluado muchos trabajos de solarización del suelo, para el control de plagas y enfermedades del suelo (4).

Las áreas de realización de trabajos comprenden países con diferentes cultivos y patógenos. En el caso de Guatemala se han hecho varios trabajos relacionados con la solarización del suelo, el primero fue realizado por Gaitán en su trabajo de tesis al evaluar el solarizado en diferentes periodos de exposición y grosores de cubierta plástica para el control de patógenos del suelo en arveja china (8).

En tomate para el control de *Ralstonia solanacearum* que es una bacteria conocida anteriormente con el nombre de *Pseudomonas solanacearum*, algunas investigaciones realizadas en el norte de Florida para el control de esta bacteria con la utilización del solarizado se encuentran, adaptación de la solarización del suelo al manejo integrado de plagas de tomate en condiciones de suelo húmedo, donde se demostró que el suelo es compatible en cuanto al costo con otras tácticas de manejo integrado de plagas. En este trabajo se evaluó la solarización utilizando plástico transparente fotosintético, en combinación con metan-sodio, 1,3 diclopropano más Cloropicrina. Esta solarización por bandas se aplicó a camas de 20 cm. de alto y 0.9 mts. de ancho. Se obtuvieron por resultado temperaturas de 77 grados centígrados en el suelo arriba de las temperaturas que se obtuvieron utilizando camas convencionales, después de un periodo de solarización de 40 a 55 días, la marchitez bacteriana del tomate no fue afectada por los tratamientos de solarizado. La producción de mercado en los distintos tratamientos fumigados fueron similares (3).

Otro de los trabajos que se realizo en el norte de Florida, es el efecto de la solarización y fumigación en la supervivencia de patógenos del suelo en el norte de florida. En este trabajo de la solarización del suelo se llevo acabo en un periodo de 32 a 49 días, usando un plástico foto selectivo de baja densidad de polietileno, el suelo fue fumigado con una mezcla de 67:33 de metil bromuro: cloropicrina. Las temperaturas máximas registradas a profundidades de 5, 15 y 25 cm. Fueron 43.8, 38.9 y 36.5 grados centígrados en el suelo descubierto y 49.5, 46.0 y 41.5 en suelo solarizado (3).

El efecto de solarización sobre *R. solanacearum* fue altamente variable. Sin embargo se redujo más la población de *R. solanacearum* cuando se combino la solarización con la fumigación (3).

Otra investigación realizada en Guatemala, la reporta Menéndez Godoy, en su tesis Evaluación de solarizado para el control de *R. solanacearum* , en Suchitepequez, en época seca. En dicha investigación obtuvo resultados positivos en cuanto al tiempo de solarizado de 6 semanas quedando este como el mejor de los tratamientos (13).

4. OBJETIVOS

1. Determinar la eficiencia del solarizado para el control de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum*.
2. Determinar el periodo de solarizado que permita el mayor control de *Ralstonia solanacearum*.

5. HIPÓTESIS

1. El solarizado es un método eficiente para el control de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*), en la aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa.
2. El período de 8 semanas de solarizado permite el mayor control de *Ralstonia solanacearum*.

6. METODOLOGÍA

6.1 Tratamientos Evaluados

Dentro de los tratamientos se incluyeron 4 períodos de solarizado, comparados contra un testigo absoluto. En el Cuadro 1 se muestra la descripción de los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados para el control de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate, en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Solarizado de 8 semanas
2	Solarizado de 7 semanas
3	Solarizado de 6 semanas
4	Solarizado de 5 semanas
5	Testigo absoluto

6.2 Descripción de los Tratamientos

6.2.1 Solarizado

Se utilizó nylon transparente de 1.25 milésimas de pulgadas de grosor, colocándolo sobre el suelo y sellándolo en los bordes de tal manera de no permitir el escape de calor y las entradas de aire, según el período de evaluación del solarizado así se colocó el plástico en el campo, de manera de levantar todos los tratamientos un mismo día.

6.2.2 Testigo Absoluto

Sin solarizado.

6.3 Diseño Experimental

Para el estudio se realizó un diseño de bloques al azar con submuestreo, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental constó de 42.25 metros cuadrados. separadas 1.0 m entre bloques y 1 m entre tratamientos. El área experimental fue de 1,064 metros cuadrados.

Las plantas se sembraron separadas por 0.75 entre surcos x 0.5 metros entre plantas. En cada unidad experimental se sembraron 100 plantas. El número total de plantas fue de 2000.

El modelo estadístico que se empleó en el análisis fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij} + N_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : % de Incidencia.

μ : Efecto del porcentaje de incidencia

T_i : Efecto del i.....ésimo solarizado

β_j : Efecto de j.....ésimo bloque.

E_{ij} : Error experimental en la ij....ésima unidad experimental.

La incidencia se determinó en el campo durante el desarrollo del cultivo. El experimento tuvo una duración de 4 meses y 24 días finalizando en la última lectura, las cuales se tomaron cada 12 días, haciendo un total de 7 lecturas. La fecha de inicio fue el 28 de abril y se finalizó el 21 de septiembre del 2000.

6.4 Variable Respuesta

6.4.1 Incidencia de la Enfermedad

Se observaron las plantas cada 12 días, y se determinó la cantidad de plantas enfermas y de plantas sanas por unidad experimental. La incidencia se expresó en porcentaje utilizando la siguiente relación.

$$\% \text{ INCIDENCIA} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas por unidad experimental}} * 100$$

Con los valores de incidencia también fue calculada la tasa de incremento de la enfermedad y se eligió un modelo tomando en consideración los parámetros R, MSE y desviación estándar.

6.5 Análisis de la Información

6.5.1 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para la variable de respuesta de incidencia y prueba de Tukey para determinar el mejor tratamiento.

6.6 Manejo del Experimento

6.6.1 Determinación de la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*

Para determinar la presencia de la bacteria se observaron parcelas de varios productores con cultivo de tomate, se encontró una en la que el cultivo presentaba síntomas de la marchitez bacteriana. Se observó durante todo su ciclo y al final de éste presentó 30 % de incidencia. Posteriormente se hizo la prueba de flujo bacteriano en laboratorio y efectivamente se trataba a de *R. solanacearum*, y fue en esta parcela donde se procedió a realizar el presente experimento, con la certeza de la presencia de la bacteria.

6.6.2. Preparación del Terreno

Se preparó el terreno realizando riego profundo, volteado de este, hasta quedar bien mullido y evitar la presencia de agregados grandes que puedan interferir, en el efecto de control del solarizado.

6.6.3 Colocación de los tratamientos

Se utilizaron cubiertas plásticas transparentes, colocándolas sobre el suelo y enterrándolas en los extremos como se observa en la figura No3 (ver anexos), de tal manera de no permitir el escape del calor y las entradas de aire dejando al final de los surcos y a los lados 0.5m de terreno para poder enterrar el plástico. Según sea el período de evaluación del solarizado, así se colocó el plástico en el campo de manera de levantar todos los tratamientos un mismo día.

6.6.4. Riego

Se aplicó previo a la colocación de aquellos tratamientos que lleven solarizado, lo cual se hizo un día antes. Además, como se hizo necesario regar en los días que no llovió, para evitar la falta de humedad, el riego se realizó por medio de goteo, ya que se contaba con el equipo necesario.

6.6.5. Trasplante

Se realizó cuando terminó el tratamiento de solarizado, el cual se realizó en horas de la mañana.

6.6.6. Fertilización

Al momento del trasplante, se aplicó 10-50-0, la segunda se realizó a los 15 días después del trasplante con 15-15-15, y se hicieron dos más a los 35 y 40 días después del trasplante con una fórmula completa.

6.6.7. Control de Plagas y Enfermedades

En el caso de las enfermedades se llevó un control preventivo de estas a tal grado que, al momento del trasplante las plantas se sumergieron en una solución de Propamocarb, para prevenir el mal del talluelo. En el caso de *Phytophthora infestans* se efectuó control preventivo con aplicaciones mezclando los fungicidas Mancozeb y Metalaxil, lo cual mejora el espectro ya que es posible controlar al mismo tiempo *Alternaria solani*, las aplicaciones se hicieron conforme el cultivo lo requirió. Se hicieron aplicaciones de Imidacloprid, a razón de 0.5 kg/ha y

lamdacyalotrina para el control de la mosca blanca, y evitar el daño ocasionado por virus.

6.6.8. Control de Malezas

Este se realizó haciendo una limpia manual con azadón antes de sembrar, luego se hicieron limpias manuales, de tal manera que una limpia manual pueda coincidir con el calzado de las plantas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Incidencia de la enfermedad

Los primeros síntomas de marchitez bacteriana fueron observados de 24 a 36 días después del trasplante (DDT). Entretanto, la primera cuantificación de incidencia de la enfermedad se realizó a los 36 DDT. La incidencia promedio de las cuatro repeticiones en ese momento fue de 0.25%, 2%, 3%, 3.75% y 4.25% para los periodos de solarizado de 7, 6, 5 semanas, testigo absoluto y 8 semanas de solarizado respectivamente, tal como se presenta en el Cuadro 2. Al analizar estos resultados, se deduce que en todas las parcelas con los diferentes tratamientos hubo enfermedad. Sin embargo, en el periodo donde se utilizó solarizado de 7 semanas se cuantificó una incidencia baja comparado a los otros tratamientos principalmente del testigo absoluto y el de 8 semanas, esto permite inferir que esta técnica si permite el control del inóculo de la bacteria residente en el suelo y reduce la incidencia de la enfermedad. Valores altos de incidencia en el periodo de 8 semanas, posiblemente fueron propiciados por factores ambientales principalmente alta humedad observada en dos repeticiones con dicho tratamiento, estas diferencias numéricas pueden ser observadas en el Cuadro 2.

Para los períodos posteriores también hubo manifestaciones de marchitez bacteriana tal como se presenta en el Cuadro 2. Al analizar los valores de incidencia que allí se presentan, se observa que el comportamiento es similar al del período anteriormente discutido, por lo tanto la enfermedad se observó en casi todo el ciclo del cultivo.

En el periodo de 60 a 72 DDT se cuantificaron incidencias similares que van de 8.25%, 6.5% y 10.25% para los periodos de solarizado de 6, 7 y 8 semanas respectivamente. Respecto al solarizado de 5 semanas y testigo absoluto, la incidencia de marchitez bacteriana fue mayor debido a que estos dos tienen valores de 20.25% y 24.25% que son mayores de las mencionadas anteriormente. Este incremento probablemente fue debido a la alta precipitación pluvial mensual y la humedad relativa en septiembre del 2000, según se observa en los datos del INSIVUMEH, presentados en el

Cuadro 5 A. Como el periodo de 60-72 DDT coincidió en este mes, la enfermedad aumentó. Según citaciones en la literatura, se menciona que la enfermedad necesita condiciones de temperatura y humedad altas para incrementarse. Además, estos constituyen los tratamientos que tuvieron menor exposición al solarizado, por lo que el control posiblemente no fue eficiente. El solarizado de 6, 7 y 8 semanas, fueron los que mantuvieron una baja y constante incidencia en comparación a los tratamientos de 5 semanas y testigo absoluto, durante todo el desarrollo del cultivo.

Finalmente, en la última lectura realizada a los 84 DDT, se observó que la incidencia de la enfermedad se mantuvo en niveles similares al del período anterior. En los tratamientos de 6, 7 y 8 semanas, se reportaron incidencias de 8.75%, 6.75% y 11.25% respectivamente; el solarizado de 5 semanas fue el menos eficiente en el control de la enfermedad con 20.25% respecto a los otros tratamientos con solarizado, sin embargo, en este se observó que la incidencia se mantuvo constante y el testigo absoluto con incidencia que varió en lo mínimo con 24.25% reportando la incidencia más alta de todos los tratamientos.

Cuadro 2. Incidencia de Marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate, promedio de cuatro repeticiones en la evaluación de períodos de solarizado en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.

TRATAMIENTOS	LECTURAS (días después del trasplante)						
	12	24	36	48	60	72	84
Testigo absoluto	0	0	3.75	9.5	15.25	22.25	24.25
Solarizado 5 semanas	0	0	3	8.75	11.5	20.25	20.25
Solarizado 6 semanas	0	0	2	6	6.75	8.25	8.75
Solarizado 7 semanas	0	0	0.25	2.25	4.75	6.5	6.75
Solarizado 8 semanas	0	0	4.25	6.5	8.5	10.25	11.25

COEFICIENTE DE VARIACIÓN 18.54

Las curvas de regresión para la incidencia de marchitez bacteriana para los cuatro períodos de solarizado y testigo absoluto evaluados se presentan en la Figura 1. Para esta variable y todos los tratamientos, el modelo de regresión que más se adaptó fue el monomolecular, con base a parámetros estudiados y que se presentan en el Cuadro 7 A.

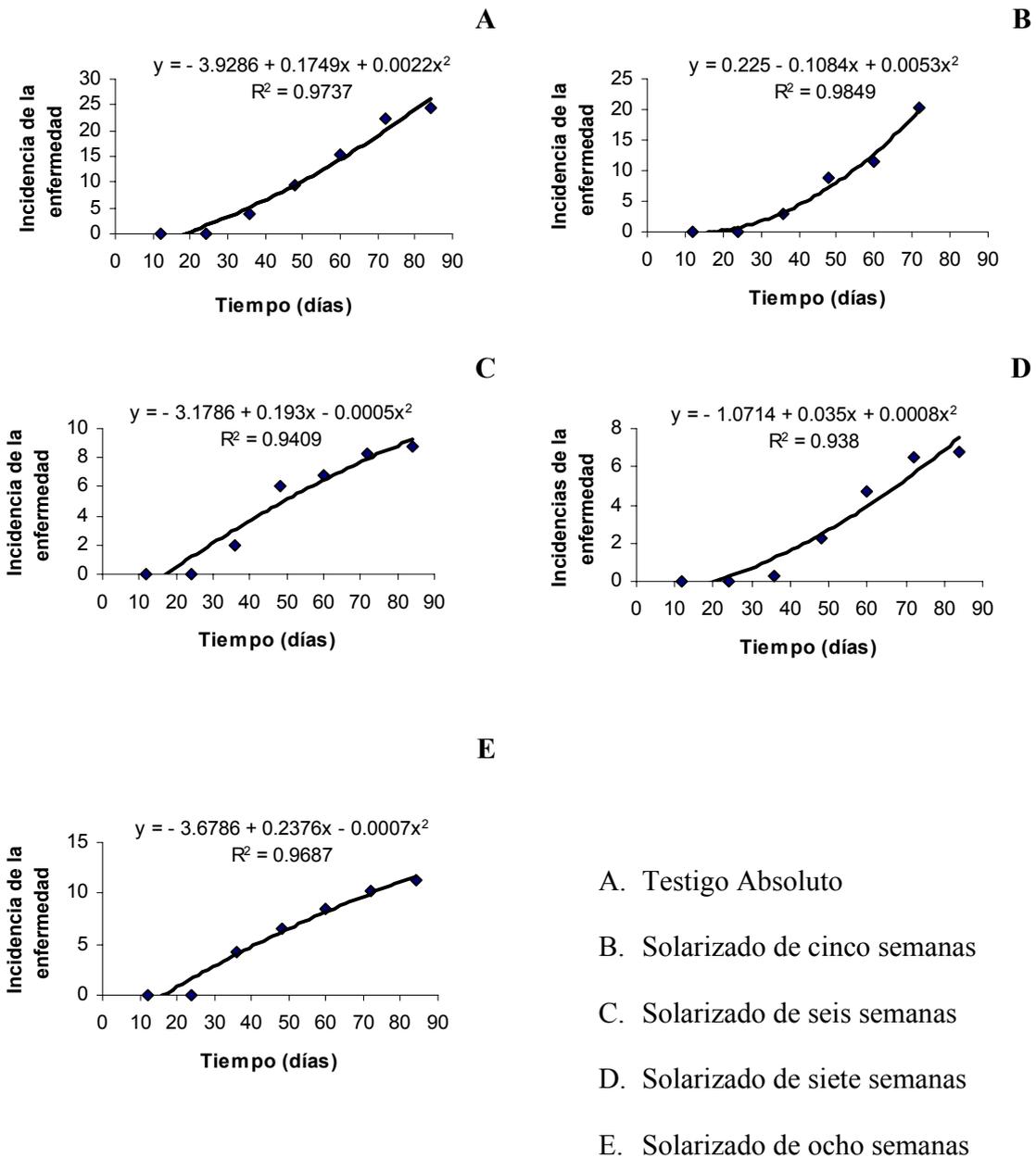


Figura 1 Curvas de regresión de la incidencia de marchitez bacteriana ocasionada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate, con cuatro períodos de solarizado en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa 2000.

7.2 Tasa de Incremento de la marchitez bacteriana

La tasa de incremento de la enfermedad de 0 a 24 días después del trasplante (DDT) fue 0, es decir no se observó marchitez bacteriana en las parcelas para todos los tratamientos, tal como se presenta en el Cuadro 3. El incremento de la enfermedad se observó a partir de los 24 a los 36 DDT, la tasa de incremento de la enfermedad en ese período fue de 0.35, 0.02, 0.17, 0.25 y 0.31, para los tratamientos de solarizado de 8 semanas, testigo absoluto, 5 semanas, 6 semanas y 7 semanas, respectivamente. Al analizar estos resultados se deduce que el período de solarizado de 8 semanas es el que mayor tasa de incremento tiene. Como se explicó en los párrafos anteriores, esto probablemente sucedió por las condiciones de humedad alta que se dió en dos parcelas de este tratamiento y que coincidió en esa época, en la fase de desarrollo del cultivo de tomate.

Para los siguientes períodos, la tasa de incremento más importante se encontró de los 36 a los 48 DDT en la fase de crecimiento vegetativo y floración del tomate, con 0.17, 0.18, 0.33, 0.48 y 0.50 para los tratamientos de solarizado de 7 semanas, 8 semanas, 6 semanas, 5 semanas y testigo absoluto, respectivamente. En los períodos posteriores, la tasa de incremento de la enfermedad empieza a decrecer; sin embargo en el período de los 60-72 DDT en la fase de fructificación del tomate se presentó un incremento alto para los tratamientos de solarizado de 5 semanas y testigo absoluto con 0.73 y 0.58 en su orden, no así para los demás tratamientos. Con estos resultados se deduce que la técnica del solarizado reduce la tasa de incremento de la enfermedad, si se compara los períodos de solarizado de 6, 7 y 8 semanas que presentaron tasas más bajas que el testigo absoluto.

Finalmente, con base en los resultados del testigo absoluto, se puede decir que para las condiciones de El Tempisque, Jutiapa, para ese año los incrementos más importantes de la enfermedad se cuantificaron de los 36 a los 72 DDT, en este período acontece el crecimiento vegetativo, floración y fructificación donde la planta es susceptible a *Ralstonia solanacearum*.

Cuadro 3. Valores de tasa de incremento de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, en el cultivo de tomate, en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa 2000.

DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS	PERÍODO EN DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE						
	0 a 12	12 a 24	24 a 36	36 a 48	48 a 60	60 a 72	72 a 84
8 semanas	0	0	0.35	0.18	0.17	0.14	0.08
7 semanas	0	0	0.02	0.17	0.2	0.15	0.02
6 semanas	0	0	0.17	0.33	0.1	0.14	0.04
5 semanas	0	0	0.25	0.48	0.23	0.73	0
Testigo absoluto	0	0	0.31	0.48	0.48	0.58	0.17

7.3 Análisis estadístico de la incidencia de la marchitez bacteriana

A través del análisis de varianza realizado para la variable incidencia de la enfermedad se encontró diferencia significativa entre los distintos períodos de solarizado evaluados ($p = 0.01$) (cuadro 4). Esta diferencia significativa indica que los tratamientos ejercen un control diferente del patógeno presente en el suelo y su relativa manifestación de la enfermedad.

CUADRO 4. Análisis de varianza para la variable incidencia de la marchitez bacteriana, provocada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa 2000.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMATORIA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	Pr > F
Repetición	3	40.95	13.65	1.88	0.1874
Tratamientos	4	652.7	163.175	22.43	0.0001
Error	12	87.3	---	---	---
Total	19	780.95	---	---	---

COEFICIENTE DE VARIACIÓN 18.54

Debido a la significancia encontrada entre los tratamientos, se hizo la comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$). Al analizar los resultados de esta prueba, Figura 2, se observa la conformación de dos grupos; el primero conformado por los períodos de exposición de 6, 7 y 8 semanas de solarizado con medias de incidencia de 8.75%, 6.75% y 11.25% respectivamente, no existe diferencia significativa entre estos valores de acuerdo a esta prueba y probabilidad utilizada.

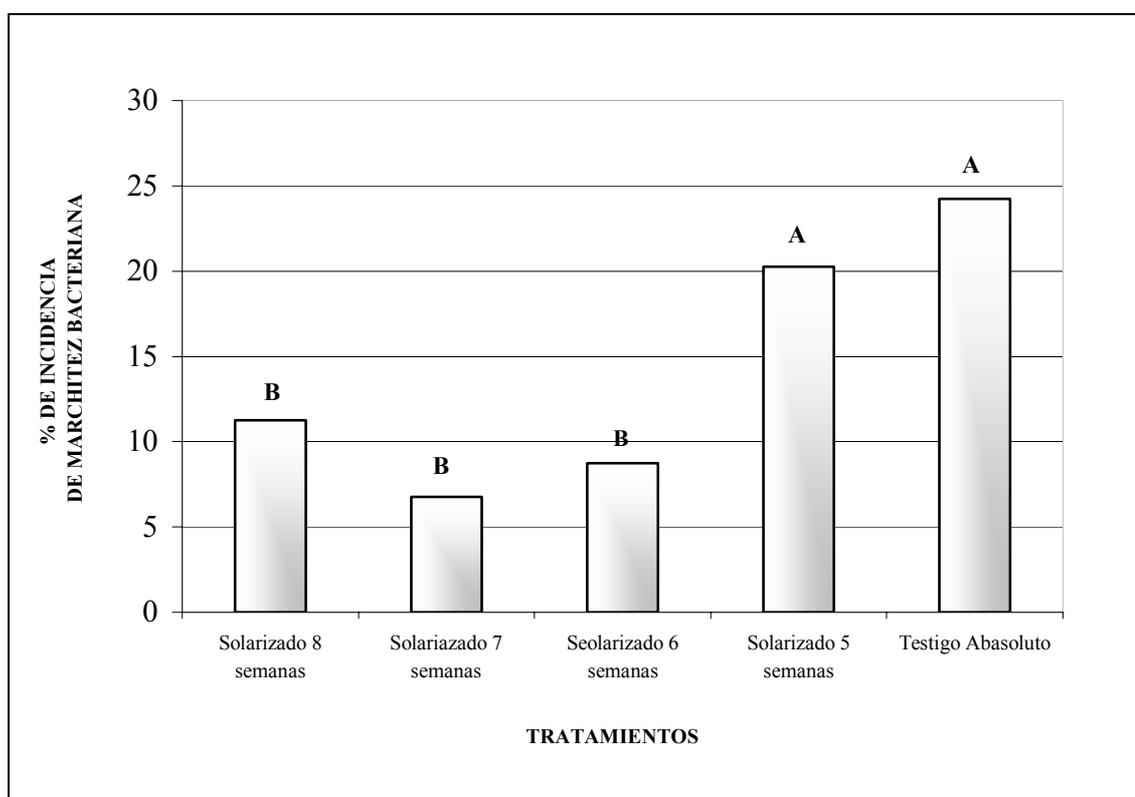


Figura 2 Comparación de cuatro períodos de solarizado contra un testigo absoluto, para la variable incidencia de *Ralstonia solanacearum*, en el cultivo de tomate. Valores Seguidos con la misma letra no difieren entre sí. En El Tempisque Agua Blanca Jutiapa 2000.

El otro grupo está conformado por el período de solarizado de 5 semanas (incidencia 20.25%) y testigo (incidencia 24.5%), de acuerdo a la misma prueba y probabilidad, tienen valores que no difieren entre ellos.

Al comparar estos resultados con los estudios en relación al tema, Menéndez (2000), encontró que el solarizado de 6 semanas fue el más eficiente en el control de *R. solanacearum* en Patulúl, Suchítepequez. Así mismo, Ruano (1,999) menciona en su trabajo relacionado con el proceso de micorrización y control del mal del talluelo en *Pinus oocarpa* Schiede, que los períodos de solarizado de 6, 7 y 8 semanas fueron eficientes para el control del mal del talluelo; sin embargo, el solarizado de 7 semanas se recomendó como el más eficiente para disminuir el porcentaje de incidencia de la enfermedad mencionada, en San José Pinula, Guatemala. Estas investigaciones tienen concordancia con los resultados obtenidos en la presente investigación.

8. CONCLUSIONES

1. Los períodos de solarizado más eficientes en reducir la marchitez bacteriana en El Tempisque, Agua Blanca Jutiapa fueron los de seis, siete y ocho semanas debido a que se observó la menor incidencia de la enfermedad con 8.75, 6.75 y 11.25%, respectivamente.
2. El solarizado redujo la incidencia de la marchitez bacteriana hasta en un 6.75% en el cultivo de tomate, en la aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa.

9. RECOMENDACIONES

1. Basándose en los resultados, se recomienda el uso del solarizado de siete semanas, para las condiciones de la aldea El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa.
2. Evaluar el solarizado en época lluviosa y seca para los tres períodos de solarizado que mejor controlaron a la bacteria según los resultados.
3. Evaluar el solarizado en combinación con otras técnicas, tomando como base lo obtenido en el presente estudio.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1995. Fitopatología. México, Limusa. 838 p.
2. BANDEGUA (Bananera de Guatemala, Departamento Experimental, GT). 1984. Manual técnico sobre procedimientos para el control del moko. Izabal, Guatemala. 9 p.
3. Chellemi, DO ; Olson, SM. 1994. Efectos de la solarización y fumigación en la supervivencia de patógenos de suelo del tomate en el norte de Florida. Florida, US, Universidad de Florida, Pathology. p. 1567-1572.
4. De Vay, JE; Stapleton, JJ; Clyde, CL. 1991. Soil solarization. California, Estados Unidos, University of California, Plant Pathology Dept. 395 p.
5. Diagnóstico y clasificación actual de la marchitez bacteriana. 1997. Revista Agricultura 1(10):52-53.
6. Elmore, C. 1995. Soil solarization, a non pesticidal method for controlling diseases, nematodes and weed. *In* Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 27-41.
7. Fernández, E. 1995. Solarización para el control de nematodos fitopatógenos. *In* Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 42-54.
8. Gaitan R, JM. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china *Pisum sativum* L., durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 66 p.
9. Labrada, R. 1995. El desarrollo actual de la solarización del suelo. *In* Taller regional de la solarización del suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. p. 21-25.
10. Leandro, G; Fusikovssky Zac, L. 1982. Efecto de algunos pesticidas sobre *Pseudomonas solanacearum*, en papa. Chapingo, México. 100 p.
11. Loarca Marroquín, JL. 1987. Estudio del patosistema *Solanum* – *Pseudomonas* y alternativas de control químico aplicado a semilla, en dos municipios del departamento de Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 64 p.
12. López Q, MA. 1995. Evaluación de métodos de control de la hernia de las crucíferas *Plasmomodiophora brassicae*, en brócoli *Brassica oleracea* var. Itálica, en el municipio de Patzicia, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 57 p.

13. Menéndez Godoy, LA. 2000. Evaluación de solarizado para el control de *Ralstonia solanacearum*, en tomate *Lycopersicum esculentum*, en Patulul, Suchitepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 47 p.
14. Municipalidad de Agua Blanca, Jutiapa, Unidad Técnica, GT. 1998. Diagnóstico de Agua Blanca. Agua Blanca, Jutiapa, Guatemala, Cooperación Española. 77 p.
15. Munro, D. 1995. Condiciones necesarias para lograr la eficiencia en la técnica de desinfección solar del suelo (solarización). In Taller regional de solarización del suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 55-59.
16. Orozco, ME. 1997. Colonizao de raíces de plantas daninhas por *Ralstonia solanacearum* "in vitro" e em casa-de-vegetacao. Tese Mestrado. Brasília DF, Universidad de Brasília de Ciencias Biológicas. p 46-49.
17. Palleroni, NJ; Kunizawa, R; Contopoulov, R; Doudoroff, M. 1972. Nucleic acid homologies in the genus *Pseudomonas*. Int. J. Syst. Bacteriol. 23:333-339.
18. Paz Kroell, HL. 1996. Evaluación de cuatro períodos de solarizado, encalado y sus combinaciones, para el control de la hernia de las coles (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en brócoli (*Brassica alearacea* L. var. Itálica Plenck), en El Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 39 p.
19. Ríos Recinos, EE. 1999. Evaluación del efecto de tres periodos de solarizado en el control de larvas de gallina ciega *Phyllophaga* sp. coleóptera: scarabaeidae, en el cultivo de maíz *Zea mays* Linneo, en Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 49 p.
20. Robinson, RA; Ramos, AH. s.f. Estudios de la marchitez bacteriana (*P. solanacearum*) en Kenya. s.n.t. s.p.
21. Ruano García, MN. 2002. Evaluación del efecto del método del solarizado en el proceso de la micorrizacion y control del mal del talluelo a nivel de vivero en plantas de *Pinus oocarpa* Schiede. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 58 p.
22. Salinas Barreto, I. 1967. La enfermedad del moko del plátano en el Perú. Instituto de Reforma y Promoción Agraria del Perú. Boletín técnico no. 70. 22 p.
23. Samayoa Juárez, JO. 1997. Evaluación del solarizado y encalado en época seca para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronni en brócoli *Brassica oleraceae* variedad Itálica Plenck, en El Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84 p.

24. Sánchez Rodas, HL. 1995. Evaluación de diferentes dosis de Dazomet (Basamid) y cloruro de Benzonid. (Beloran 500) en el control in situ del moko del banano (*Pseudomonas solanacearum* raza 2) como alternativa al uso del Bromuro de metilo en la zona bananera de Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 84 p.
25. Shieber, E. 1984. Marchitez bacteriana de la papa. Perú, CIP. 120 p.
26. Smhif, EF. 1986. A bacterial disease of the tomato, eggplant and Irish potato (*Bacillus solanacearum* nov. sp.). USDA Phys and Path. Bul.12:1-28.
27. Solis Paiz, RF. 1996. Evaluación de periodos de solarizado para el control de patógenos del suelo en semilleros de café, en la finca La Planta, Esquipulas, Chiquimula. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, USAC. 78 p.
28. Vaughan, EK. 1944. Bacterial wilt of tomato caused by *Pseudomonas solanacearum*. Phytopathology 34:43-58.
29. Zhang, YX; Hua, JY; He, LY. 1993. Effect of infected groundnut seeds on transmission of *Pseudomonas solanacearum*. ACIAR Bacterial Wilt News Letter 9:9-10.

ANEXO

Cuadro 5 A. Número de plantas enfermas de las diferentes lecturas efectuadas en los tratamientos evaluados para el control de *Ralstonia solanacearum*, en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.

Periodo de lectura en días	Repeticiones	8	7	6	5	Testigo absoluto
		semanas	semanas	semanas	semanas	
0 a 12	R1	0	0	0	0	0
0 a 12	R2	0	0	0	0	0
0 a 12	R3	0	0	0	0	0
0 a 12	R4	0	0	0	0	0
12 a 24	R1	0	0	0	0	0
12 a 24	R2	0	0	0	0	0
12 a 24	R3	0	0	0	0	0
12 a 24	R4	0	0	0	0	0
24 a 36	R1	3	0	2	2	4
24 a 36	R2	4	1	1	4	5
24 a 36	R3	5	0	3	3	5
24 a 36	R4	5	0	2	3	2
36 a 48	R1	6	2	6	10	11
36 a 48	R2	5	5	5	8	10
36 a 48	R3	7	0	5	7	8
36 a 48	R4	8	2	6	6	9
48 a 60	R1	7	4	7	15	15
48 a 60	R2	7	8	5	9	18
48 a 60	R3	9	3	6	8	16
48 a 60	R4	11	4	9	14	12
60 a 72	R1	9	6	8	23	26
60 a 72	R2	7	9	8	18	24
60 a 72	R3	12	5	6	19	21
60 a 72	R4	13	6	11	21	19
72 a 84	R1	9	6	9	23	26
72 a 84	R2	9	9	8	18	26
72 a 84	R3	13	6	7	19	23
72 a 84	R4	14	6	11	21	22

Cuadro 6 A Precipitación pluvial año 2000, según información del INSIVUMEH

MES	mm
ENERO	0
FEBRERO	0
MARZO	0
ABRIL	0
MAYO	132.8
JUNIO	110.1
JULIO	91.2
AGOSTO	108.4
SEPTIEMBRE	356.5
OCTUBRE	188.6
NOVIEMBRE	113.7
DICIEMBRE	0
ANUAL	1101.3

Estación: Montúfar
Variable: precipitación
Dimensional: mm

Cuadro 7 A. Sumatoria de estadísticas utilizadas para seleccionar un modelo adecuado para describir la incidencia de marchitez bacteriana en la evaluación de períodos de solarizado, en El Tempisque, Agua Blanca, 2000.

TRATAMIENTO	MODELO	R 2	MSE	Intercept	St Dev of int	Rate Paramet Stop	St Dev of stop
Testigo	Monomolecular	90.6	0.001	-0.08	0.014	0.004	0.0002
	Logistic	71.3	0.02	-4.15	0.36	0.039	0.0058
	Gompertz	76.98	0.024	-1.59	0.12	0.016	0.0012
5 semanas	Monomolecular	87.2	0.001	-0.07	0.01	0.004	0.004
	Logistic	74.8	0.19	-4.57	0.36	0.042	0.05
	Gompertz	77.8	0.42	-1.7	0.12	0.016	0.002
6 semanas	Monomolecular	86.2	0.0003	-0.03	0.007	0.002	0.0001
	Logistic	70.7	0.14	-4.81	0.31	0.032	0.005
	Gompertz	74.11	0.011	-1.65	0.09	0.01	0.001
7 semanas	Monomolecular	79.8	0.002	-0.03	0.007	0.001	0.0001
	Logistic	71.3	0.14	-5.42	0.42	0.047	0.006
	Gompertz	71.3	0.011	-1.81	0.12	0.01	0.001
8 semanas	Monomolecular	86.9	0.0004	-0.03	0.008	0.002	0.0002
	Logistic	75.5	0.06	-3.94	0.21	0.025	0.003
	Gompertz	75.2	0.008	-1.46	0.08	0.009	0.001

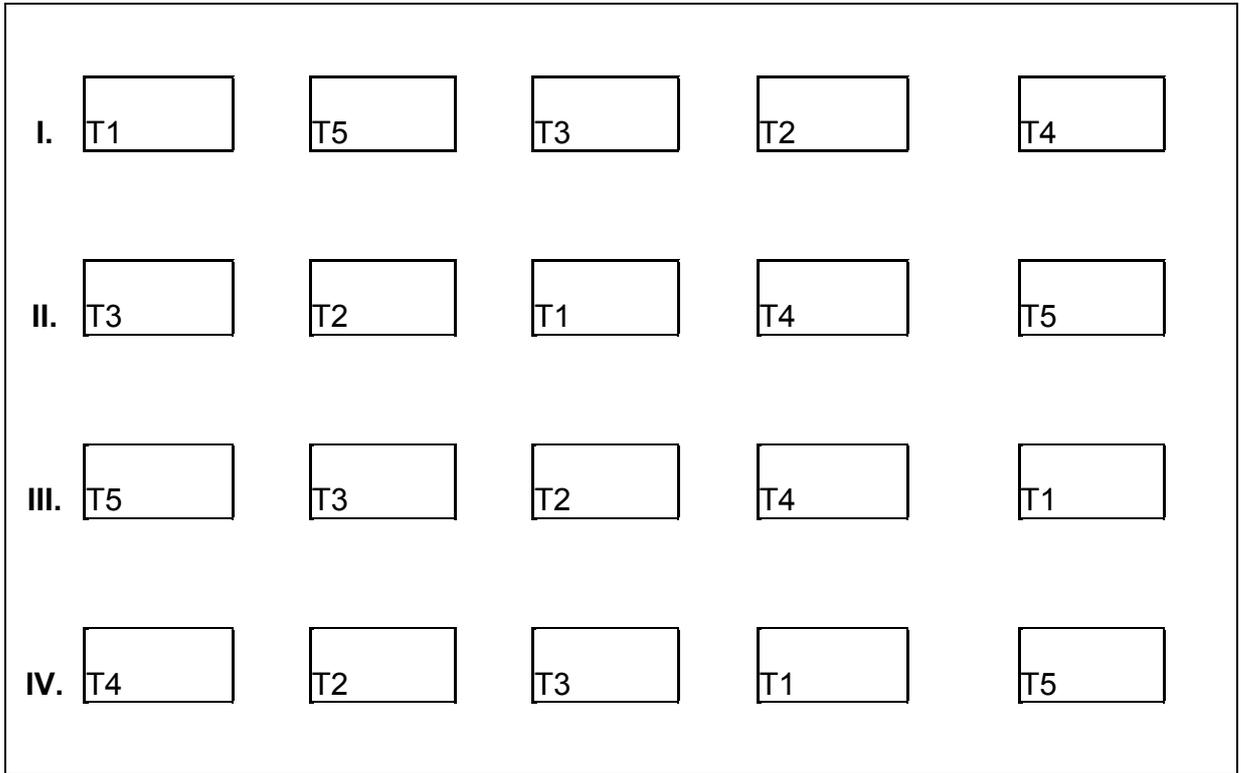


Figura 3 A. Croquis de campo de la distribución de los tratamientos y sus repeticiones en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.



Figura 4 A. Vista general del experimento en campo, en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.0



Figura 5 A. Vista general de la marchitez bacteriana en El Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa, 2000.

