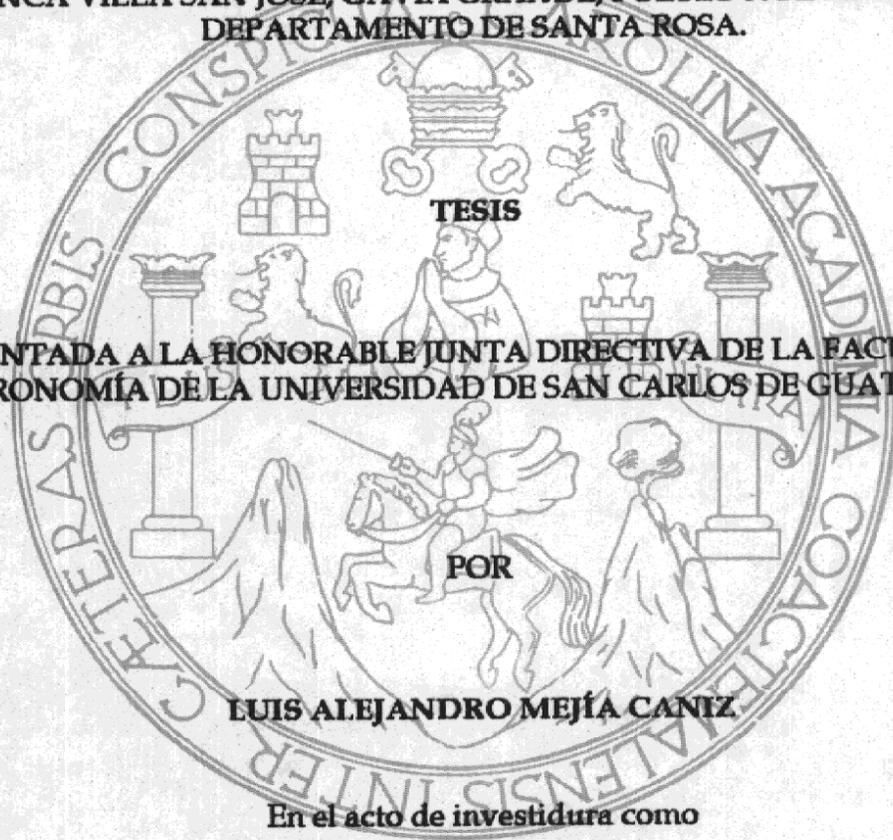


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DE TRES PERÍODOS DE EXPOSICIÓN AL SOLARIZADO Y EL  
USO DE LA BACTERIA *Bacillus subtilis*, COMO MÉTODO DE CONTROL  
BIOLÓGICO DE PATÓGENOS DEL SUELO EN SEMILLEROS DE CAFÉ, EN LA  
FINCA VILLA SAN JOSÉ, GAVIA GRANDE, PUEBLO NUEVO VIÑAS,  
DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA.**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**TESIS**

**POR**

**LUIS ALEJANDRO MEJÍA CANIZ**

**En el acto de investidura como**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE**

**LICENCIADO**

**Guatemala, Febrero del 2000.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA****Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA.****RECTOR****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Decano:** Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA.

**Vocal Primero:** Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCÍA TELLO.

**Vocal Segundo:** Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LÓPEZ.

**Vocal Tercero:** Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNÁNDEZ FIGUEROA.

**Vocal Cuarto:** M.E.P.U. JACOBO BOLVITO RAMOS.

**Vocal Quinto:** Br. JOSÉ DOMINGO MENDOZA CIPRIANO.

**Secretario:** Ing. Agr. EDIL RENÉ RODRÍGUEZ QUEZADA.

Guatemala, Febrero del 2000.

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

Respetables Señores:

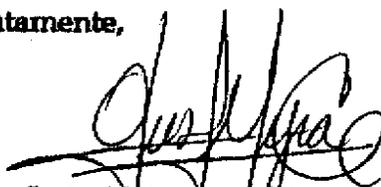
De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado,

**EVALUACIÓN DE TRES PERÍODOS DE EXPOSICIÓN AL SOLARIZADO Y EL USO DE LA BACTERIA *Bacillus subtilis*, COMO MÉTODO DE CONTROL BIOLÓGICO DE PATÓGENOS DEL SUELO EN SEMILLEROS DE CAFÉ, EN LA FINCA VILLA SAN JOSÉ, GAVIA GRANDE, PUEBLO NUEVO VIÑAS, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA.**

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

Esperando que la presente investigación llene los requisitos académicos para su aprobación, me despido,

Atentamente,



Luis Alejandro Mejía Caniz.

**ACTO QUE DEDICO****A:****DIOS****Fuente de sabiduría y fuerza para perseverar****MIS PADRES****Lic. Luis Roberto Mejía****Marina Isabel Caniz de Mejía****Por su apoyo y sabios consejos****MI ESPOSA****Cristina Calderón Wittig de Mejía****Por su cariño y apoyo incondicional****MIS HERMANOS****Rafael y Andrea****MIS ABUELOS****Rafael E. Mejía (+)****Gabriel Caniz****Juana de Mejía****Virginia Isabel Marroquín (+)****MI FAMILIA****MIS AMIGOS, En especial a:****Omar Córdón.**



## AGRADECIMIENTOS

- A mi señor padre y a mi hermano por su ayuda en la realización del presente trabajo.
- A mi asesor Ing. Agr. Gustavo Álvarez por su cooperación y guía en este trabajo de investigación.
- Extiendo mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera cooperaron en la realización de este trabajo.

## INDICE

No.	Título	Página.
1.	RESUMEN	1
2.	INTRODUCCIÓN	3
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
4.	MARCO TEÓRICO	7
4.1.	MARCO CONCEPTUAL	7
4.1.1.	Reseña General del Cultivo del Café	7
4.1.2.	Clasificación Taxonómica del Cultivo del Café	8
4.1.3.	Características del Café en Semillero	9
4.1.4.	Patógenos del Suelo que Inciden en los Semilleros de Café	9
4.1.4.A.	Características de <i>Fusarium sp.</i>	10
4.1.4.B.	Características de <i>Rhizoctonia sp.</i>	11
4.1.4.C.	Síntomas y Daño de los Nematodos en el Cafeto	12
4.1.5.	Métodos de Control Tradicionales de Patógenos del Suelo	13
4.1.6.	El Solarizado	14
4.1.6.A.	Requerimientos y Principios del Solarizado	15
4.1.6.B.	La Producción de Calor por Solarizado, Temperaturas Alcanzadas y Profundidades de Desinfección	16
4.1.6.C.	Ventajas y Limitaciones de la Práctica del Solarizado	18
4.1.6.D.	Efectos Adjuntos al Solarizado	20
4.1.6.D.a.	Efecto en la Producción	20
4.1.6.D.b.	Efecto en el Suelo y sus Características	20
4.1.6.D.c.	Efecto sobre las Malezas y Plantas Parasíticas	21
4.1.6.E.	Influencia del Solarizado en <i>Bacillus subtilis</i>	22
4.1.7.	Material Biológico a Utilizar para el Control de Patógenos del Suelo	23
4.2.	MARCO REFERENCIAL	25
4.2.1.	La Solarización en el Control de Patógenos del Suelo	25
4.2.2.	Control Biológico Ejercido por <i>Bacillus subtilis</i> sobre los Patógenos del Suelo	29
4.2.3.	Características del Área en que se realizó el Experimento	31

5.	<b>OBJETIVOS</b>	33
5.1.	<i>GENERAL</i>	33
5.2.	<i>ESPECÍFICOS</i>	33
6.	<b>HIPÓTESIS</b>	34
7.	<b>METODOLOGÍA</b>	35
7.1.	<i>METODOLOGÍA ESTADÍSTICA</i>	35
7.1.1.	Tratamientos a Evaluar	35
7.1.2.	Diseño Experimental	37
7.1.2.A.	Hipótesis Estadística	37
7.1.2.B.	Nivel de Significancia	37
7.1.2.C.	Modelo Estadístico	38
7.1.2.D.	Supuestos Estadísticos	38
7.1.3.	Variables de Respuesta	39
7.1.3.A.	Incidencia de Hongos Fitopatógenos	39
7.1.3.B.	Incidencia de Nematodos Fitopatógenos	40
7.1.4.	Análisis de Datos	40
7.1.4.A.	Incidencia de Hongos Fitopatógenos	40
7.1.4.B.	Incidencia de Nematodos Fitopatógenos	41
7.1.5.	Manejo del Experimento	42
7.1.5.A.	Instalación del Solarizado	42
7.1.5.B.	Inoculación de <i>Bacillus subtilis</i>	43
7.1.5.C.	Siembra y Mantenimiento del Semillero	43
8.	<b>RESULTADOS</b>	45
8.1.	<i>INCIDENCIA DE HONGOS FITOPATÓGENOS PRODUCTORES DEL MAL DEL TALLUELO</i>	45
8.1.1.	Análisis del Porcentaje de Incidencia Total del Mal del Talluelo	47
8.1.2.	Análisis del Porcentaje de Incidencia de <i>Fusarium sp.</i>	50
8.1.3.	Análisis del Porcentaje de Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	53
8.1.4.	Análisis del Porcentaje de Incidencia Asociada de los Hongos <i>Fusarium sp.</i> y <i>Rhizoctonia solani</i>	56

8.2.	<b>ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS</b>	58
8.2.1.	<b>Análisis de la Población Total Promedio de Cada Género de Nemátodo Encontrado, en los Tres Muestreos</b>	59
9.	<b>CONCLUSIONES</b>	65
10.	<b>RECOMENDACIONES</b>	66
11.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	67
12.	<b>APÉNDICES</b>	71

## ÍNDICE DE CUADROS

No.	Título	Página
1	Niveles de Solarizado evaluados	36
2	Niveles de aplicación de <i>B. subtilis</i> evaluados	37
3	Arreglo combinatorio del Experimento	37
4	Análisis de Varianza del Porcentaje de Incidencia del Mal del Talluelo	48
5	Prueba de Medias Tukey, de los niveles de solarizado evaluados en el Porcentaje de Incidencia del Mal del Talluelo	49
6	Análisis de Varianza del Porcentaje de Incidencia de <i>Fusarium sp.</i>	51
7	Matriz de diferencia de las medias del Porcentaje de Incidencia de <i>Fusarium sp.</i>	52
8	Resultados de la Prueba de Medias Tukey para el Porcentaje de Incidencia de <i>Fusarium sp.</i>	53
9	Análisis de Varianza para el Porcentaje de Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	55
10	Prueba de Medias Tukey para los Niveles de Solarizado evaluados, en las medias de Porcentaje de Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	56
11	Análisis de Varianza para el Porcentaje de Incidencia Corregido de la acción patogénica combinada de <i>Fusarium sp.</i> y <i>Rhizoctonia solani</i>	58
12	Primer Muestreo de Nematodos	59
13	Segundo Muestreo de Nematodos	59
14	Tercer Muestreo de Nematodos	60

**ÍNDICE DE GRÁFICAS**

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Página.</b>
1	<b>Poblaciones de Nematodos Fitopatogenos, encontradas en el Primer Muestreo</b>	61
2	<b>Comportamiento de las Poblaciones de Nematodos Fitopatógenos en el Segundo Muestreo</b>	63
3	<b>Comportamiento de las Poblaciones de Nematodos Fitopatógenos en el tercer Muestreo</b>	64

**EVALUACIÓN DE TRES PERÍODOS DE EXPOSICIÓN AL SOLARIZADO Y EL USO DE LA BACTERIA *Bacillus subtilis*, COMO MÉTODO DE CONTROL BIOLÓGICO DE PATÓGENOS DEL SUELO EN SEMILLEROS DE CAFÉ, EN LA FINCA VILLA SAN JOSÉ, GAVIA GRANDE, PUEBLO NUEVO VIÑAS, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA.**

**EVALUATION OF THREE PERIODS OF SOIL SOLARIZATION AND THE USE OF THE BACTERIA *Bacillus subtilis*, AS BIOLOGICAL CONTROL METHOD ON SOIL PATOGENS OF COFFE'S SOIL BEDS, IN VILLA SAN JOSÉ FARM, GAVIA GRANDE, PUEBLO NUEVO VIÑAS, SANTA ROSA DEPARTMENT.**

### **1. RESUMEN.**

Anualmente el caficultor realiza el semillero necesario para la renovación y ampliación de sus campos, encontrándose con alta incidencia de patógenos del suelo. Actualmente se trabaja en la investigación e introducción de la técnica del solarizado y el uso del control biológico, cuya aplicación a dado buenos resultados en el control de estos microorganismos. En la presente investigación se evaluó el uso del solarizado y el control biológico ejercido por *Bacillus subtilis* con el objetivo de crear una técnica de control integrado y evaluando a la vez la acción física y biológica de éstos, sobre los hongos productores del mal del talluelo y nemátodos fitopatógenos.

El ensayo de investigación se realizó en los meses de abril a agosto de 1997, en el Municipio de Pueblo Nuevo Viñas, Departamento de Santa Rosa. Se evaluaron; el solarizado en períodos de exposición de 0, 4, 6 y 8 semanas, y la aplicación o no de *B. subtilis*, inoculado al suelo; estos dos factores y sus niveles fueron sometidos a un arreglo combinatorio, distribuyéndose en un Diseño en Bloques al Azar. Para evaluar el control de los tratamientos sobre el mal del talluelo se

realizaron muestreos semanales a partir de la germinación, registrándose el porcentaje de incidencia de la enfermedad en cada unidad experimental. Estos datos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de medias Tukey. El control de nemátodos se evaluó por medio de tres muestreos; el primero antes de aplicar los tratamientos, el segundo al levantarse los tratamientos previo a la siembra y el tercero al finalizar el semillero; un análisis gráfico permitió visualizar el comportamiento de esta plaga a lo largo del desarrollo del experimento.

El experimento arrojó importantes resultados, al demostrarse que un control integrado utilizando el método físico y biológico descrito, es ineficiente al no existir interacción entre los factores. Se determinó que los periodos de exposición al solarizado de 6 y 8 semanas son los más eficientes para el control del mal del talluelo, pues redujeron un 4.79% y 1.58% la incidencia de la enfermedad respectivamente, siendo estadísticamente iguales. El mismo resultado se obtuvo en el control de nemátodos fitopatógenos, donde se obtuvo la eliminación completa, en el transcurso del periodo de semillero, de las poblaciones de *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Criconebella* y *Pratylenchus*, al utilizarse el solarizado en periodos de 6 y 8 semanas. El agente de control biológico *B. subtilis* resultó eficiente, en la dosis evaluada, únicamente para el control de *Fusarium* sp..

Los resultados de la investigación recomiendan al caficultor, el uso del solarizado de ocho semanas, ya que el costo del semillero no se incrementa demasiado al utilizar este tratamiento y, por que de esta manera se podrá garantizar un semillero sano de patógenos del suelo. Por otro lado se recomienda evaluar en distintas dosis la inoculación de *B. subtilis* al suelo en semilleros de café, con el objeto de observar su posible acción sobre otros hongos productores del mal del talluelo, a los cuales, bajo las condiciones de este experimento no se controló eficientemente.

## 2. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad los países agrícolas como Guatemala, realizan múltiples esfuerzos por introducir prácticas agronómicas que conduzcan a una agricultura sostenible. La técnica del solarizado y los métodos de control biológico utilizados en el control de patógenos del suelo que se investigan y pretenden extender buscan cumplir con este objetivo.

Dado que en la mayor parte de fincas productoras de café del país no se han desarrollado estas labores y que el cultivo del café orgánico toma auge en nuestro país, el presente estudio pretende, por medio del uso del solarizado y el control biológico ampliar la información existente con respecto a las técnicas de control de patógenos del suelo en semilleros de café.

En varios estudios realizados utilizando la bacteria *Bacillus subtilis* como método de control biológico de hongos del suelo, se ha demostrado la eficiencia de ésta en el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium spp.*, *Verticillium spp.* y *Rhizoctonia solani*. Se conoce de la termoresistencia de las especies de *Bacillus* y de su predominancia en suelos solarizados. (7,9,24,27.)

La técnica del solarizado ha demostrado tener un efecto reductivo en la incidencia de *Verticillium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Rosellinia sp.* y *Fusarium spp.* Además el solarizado ha provocado una reducción en las poblaciones de nemátodos fitopatógenos en semilleros de café. (6,8,11,18,21,22,26.)

En investigaciones anteriores utilizando solarizado o el control biológico implementado por *Bacillus subtilis* no se ha logrado un cien por ciento de eficacia. De modo que, por medio de la presente evaluación se trata de generar una técnica de control integrado de patógenos del suelo, con base en la termoresistencia de *B. subtilis*, la cual, permite asociarla a la técnica del solarizado con el objeto de reducir aún más la incidencia de patógenos del suelo en semilleros de café, proporcionando de esta forma un método eficiente para el control de estas enfermedades en la caficultura orgánica.

El estudio realizado demostró escaso control al integrar los dos métodos de control; resaltando el eficiente control de patógenos del suelo por parte del solarizado y un deficiente control biológico del mal del talluelo por parte de *B. subtilis*.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Anualmente el caficultor elabora el semillero, necesario para la regeneración y ampliación de sus plantaciones. Generalmente encuentra que en el mismo existen plantas que presentan síntomas de ataque de hongos del suelo, productores del mal del talluelo o "damping-off" y nemátodos fitopatógenos. La técnica del solarizado ha demostrado ser eficiente en el control de estos microorganismos del suelo en semilleros de café, reduciendo hasta un 7.05% la incidencia de hongos fitopatógenos y produciendo un alto nivel de descenso en las poblaciones de nemátodos fitopatógenos. (26) Por otra parte, la bacteria *B. subtilis* ha sido eficiente, aplicada en el suelo disminuyendo hasta en un 9.6% la incidencia de *Fusarium oxysporum* en arveja china (24); cuando la aplicación se ha hecho a la semilla se logró disminuir la incidencia del mismo microorganismo hasta en un 11%, siempre en el cultivo de arveja china. (7,27.)

Entre los supresores de patógenos encontrados después de solarizar el suelo se mencionan como organismos predominantes las bacterias del género *Bacillus*, las especies de *Trichoderma* y *Talaromyces flavus*. (9)

Conociendo la termorresistencia de las especies de *Bacillus* y su capacidad para colonizar los suelos solarizados, se considera factible obtener un método de control integrado de patógenos del suelo, utilizando la técnica del solarizado e inoculando la bacteria *B. subtilis*. De esta forma se espera hacer más eficientes los períodos de exposición al solarizado, en el sentido de tratar de reducirlos en tiempo, además de generar un método eficiente de control de patógenos del suelo en semilleros de café.

En esta investigación no se evaluó únicamente el control integrado que se genera al utilizar estos dos tipos de tratamientos en forma asociada; también se estudió el grado de control biológico y físico logrado por *B. subtilis* y el solarizado respectivamente, sobre los patógenos del suelo (hongos fitopatógenos y nemátodos); comprendiéndose desde este momento que el solarizado se evaluó en el control de los dos tipos de microorganismos y *B. subtilis* en el control de hongos fitopatógenos.

## **4. MARCO TEÓRICO.**

### **4.1. MARCO CONCEPTUAL.**

#### **4.1.1. RESEÑA GENERAL DEL CULTIVO DEL CAFÉ.**

El café es una planta originaria de Etiopía; la especie arábica es originaria de la región que circunda el lago Tana, localizado en una latitud entre los 12 y 16 grados norte. (3)

El cafeto se propagó del Africa al Asia por el Mar Rojo y el Golfo de Adén; de Etiopía a Yemén; aquí se extendió su cultivo en la parte tropical de Arabia. El cafeto llegó a la India en el siglo XVII. A principios del siglo XVIII los holandeses llevaron el cafeto a su país y lo distribuyeron a varios jardines botánicos de Europa; estos llevaron el cafeto a Surinám y la Guyana Francesa, de aquí Francia lo distribuyó a sus colonias de las Antillas, y a la Isla Bourbon; estos hechos son importantes, ya que por medio de ellos se dio la introducción de esta planta a América y por que con su llegada a la Isla Bourbon el cafeto recibió un notorio impulso como cultivo. (3)

En Guatemala la introducción del cafeto se atribuye a los padres Jesuitas en 1760, como planta ornamental. Desde aquí se propagó el cultivo y en 1800 se registra la primera plantación como un cultivo a orillas de la ciudad capital de Guatemala. A partir de este tiempo el cultivo fue apoyado y subsidiado por distintas organizaciones y el gobierno; con el objeto de hacerlo uno de los cultivos de exportación más importantes del país, como en la actualidad lo es. El café se cultiva de forma intensiva en el sur, oriente, occidente, zona central y parte del norte del país, además de constituirse en uno de los principales cultivos de exportación del país. (3)

En Guatemala, en forma comercial se cultiva la especie *Coffea arabica* L., siendo esta a nivel mundial la más cultivada e importante debido a que más del 70% de la producción mundial proviene de ella. Está compuesta de numerosas variedades de las cuales algunas son mutaciones y otras híbridas. (3)

Otra especie importante es *Coffea canephora*, debido a que algunas de sus líneas han mostrado resistencia y/o tolerancia a algunas plagas y enfermedades (roya y nemátodos). Así mismo aporta un porcentaje significativo en la producción mundial. Existen también especies como fuente de material genético, entre las cuales se pueden mencionar: *C. dewevrei*, *C. libérica*, *C. eugenioides* y *C. salvatrix*. (3)

#### 4.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAFÉ.

**Reino:** PLANTAE.  
**División:** MAGNOLIOPHYTA.  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA.  
**Subclase:** ASTERIDAE. (IV)  
**Orden:** RUBIALES. (8)  
**Familia:** RUBIACEAE. (1)  
**Género:** *Coffea*.  
**Especie:** *Coffea arabica* L.  
 (3,12)

### **4.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAFÉ EN SEMILLERO.**

La semilla de café para germinar es exigente en cuanto a temperatura y humedad, por esta razón el tiempo de realización del semillero es determinado para cada zona, ya que para obtener una buena germinación es necesario nivel adecuado de humedad en el suelo, así como temperaturas adecuadas. (3)

Bajo buenas condiciones de temperatura, humedad y suelo; la semilla de café tarda de 45 a 60 días en germinar. (26)

Los distintos estados de desarrollo en semillero, de soldadito, mariposa, cola de perico, la aparición de las primeras cruces; constituyen etapas de crecimiento de la plántula hasta llegar a planta; la floración y cosecha, constituyen el proceso real y final de desarrollo. (3)

La lluvia influye grandemente en el desarrollo de la plántula y planta, y en su estado adulto determina la adecuada floración y fructificación (3), siendo perjudicial para el cultivo no tanto el exceso o falta, sino la distribución adecuada de las lluvias en el tiempo. (26)

### **4.1.4. PATÓGENOS QUE INCIDEN EN LOS SEMILLEROS DE CAFÉ.**

Los principales patógenos que atacan a las plántulas y plantas de café en semilleros, son hongos y nemátodos. Entre los hongos encontramos a los productores del mal del talluelo ó "damping-off", varios géneros de hongos han sido identificados como productores de esta

enfermedad, que consiste en una pudrición basal o radicular de color parda o negra, que produce en la plántula o planta como síntoma inicial el marchitamiento y posteriormente la muerte y volcamiento. (1,3)

Los hongos que con mayor frecuencia se presentan como productores del mal del talluelo suelen ser de alta agresividad en su invasión en el semillero, hongos como *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* KUEHN y *Pythium spp.* cumplen con esta característica (1). Otros hongos como *Verticillium* y *Rosellinia* se presentan, pero con menor frecuencia y agresividad. (26)

Los nemátodos fitopatógenos constituyen un factor más de afección de las plantas en los semilleros de café, dañando específicamente su sistema radicular. Entre los nemátodos más comunes que atacan a la planta de café encontramos a *Helicotilenchus sp.*, *Meloidogyne sp.* y *Pratylenchus sp.* (26). Los daños producidos por los nemátodos se observan por un retardo en el crecimiento, raquitismo y clorosis, en caso de no reducirse su incidencia la planta es raquítica y de baja producción en el campo. (1)

#### **4.1.4.A. CARACTERÍSTICAS DE FUSARIUM.**

Las especies de *Fusarium* generalmente producen pudriciones radiculares, pudriciones en la región basal del tallo, marchitez vascular ó bien pudrición de la semilla. (1)

El ataque de este hongo en las plantas se observa de dos formas, en una la pudrición empieza en la raíz con una mancha parda que se extiende a lo largo de raíz para luego invadir la parte basal del tallo; la otra forma de afección se realiza a nivel de la parte basal del tallo,

observándose en forma de rayas pardas que se extienden progresivamente a las partes altas de la planta. (1)

Cuando la pudrición es radicular los síntomas se presentan como raquitismo y poco crecimiento, generalmente al llegar la pudrición a la base del tallo la planta se dobla del tallo y cae al suelo por su propio peso, si este no es el caso la marchitez y clorosis será evidente (3). Si la pudrición se da en el tallo, al presentarse la mancha parda definida, la planta caerá al suelo ya que todos los tejidos del tallo serán afectados y esta no será capaz de sostenerse. (1)

Las estructuras que caracterizan a *Fusarium* se presentan de la siguiente forma: *Fusarium spp.* produce dos tipos de conidios sobre esporodoquios, microconidios constituidos por una o dos células y los típicos macroconidios que constan de tres a nueve células, ligeramente encorvados y con extremos mas o menos terminados en punta (1,19). *Fusarium spp.* produce también clamidosporas de pared gruesa constituidas por una o dos células, estas son capaces de sobrevivir a altos niveles de estrés por humedad y temperatura. Además el hongo puede sobrevivir en forma de micelio sobre el tejido vegetal muerto. (1)

#### **4.1.4.B. CARACTERÍSTICAS DE RHIZOCTONIA.**

Los síntomas mas comunes producidos por *Rhizoctonia* son el estrangulamiento y pudrición de la raíz, así como el cáncer y la pudrición del tallo en plantas jóvenes y adultas (3). *R. solani* actúa muchas veces asociado a *Fusarium spp.* ya que la herida realizada por *R. solani* en el tallo sirve como entrada a *Fusarium spp.* (1)

En las plántulas en semillero de café, *R. solani* suele atacar en dos estadios, uno de ellos es en el ápice en emergencia, produciendo necrosamiento en el tejido y muerte de la plántula en emergencia. El otro estadio de ataque de *R. solani* se da cuando la planta a logrado toda su emergencia, atacando el tallo y produciendo una pudrición suave, lo que hace al tallo incapaz de sostener a la planta y esta cae y muere. (3)

*R. solani* se caracteriza por vivir especialmente en forma de micelio, este es incoloro en la etapa juvenil y amarillo o café en la etapa madura. El micelio consta de largas células y produce ramificaciones que crecen casi en ángulos rectos con respecto a la hifa principal, se estrechan ligeramente a nivel de la ramificación y poseen un septo cerca de ella. Las características de la ramificación, comúnmente son los medios disponibles para identificar al hongo como *R. solani*. En ciertas condiciones, el hongo produce ramilletes de células cortas, anchas, de forma oval a triangular y que se asemejan a esclerocios, las cuales funcionan como clamidosporas, o en todo caso, dichos ramilletes se desarrollan en pequeños esclerocios de color café o negro dispuestos en forma laxa, los cuales son comunes en algunos hospederos. (1)

#### 4.1.4.C. SÍNTOMAS Y DAÑO DE LOS NEMATODOS EN EL CAFETO.

Los daños causados por nemátodos, generalmente se dan en la raíz de la planta de café y se denotan por la formación de agallamientos provocados por el nemátodo *Meloidogyne sp.*, además se presentan lesiones y deformaciones en la raíz, lo cual lleva a desarrollo radicular deficiente, estos daños generalmente son causados por nemátodos de los géneros: *Pratylenchus sp.*, *Radopholus sp.* y *Helicotylenchus sp.* (3)

La principal repercusión de un ataque por nemátodos es el raquitismo que acompaña a la planta, lo cual repercute en una baja producción (3). Además los nemátodos pueden actuar en complejo con hongos del suelo ya que las lesiones causadas por ellos facilitan el ingreso e invasión de hongos fitopatógenos a los tejidos vegetales. (1)

Los síntomas visibles de un ataque de nemátodos son:

Ligero amarillamiento del follaje, marchitez lenta y progresiva (3), defoliación, decaimiento general, baja producción y agobio. (1)

#### **4.15. MÉTODOS DE CONTROL TRADICIONALES DE PATÓGENOS DEL**

##### **SUELO.**

Tradicionalmente el control químico es el más utilizado, existen gran cantidad de productos químicos para el control de patógenos del suelo, tanto nematicidas como fungicidas tienen niveles de aceptables hasta excelentes en su control. (3)

Otras técnicas adecuadas para el productor son; la rotación de cultivos, evitando el establecimiento de los patógenos en un sitio al darles las condiciones adecuadas para su desarrollo; el empleo de variedades resistentes resulta eficiente, pero es raro encontrar una especie vegetal que sea resistente a tanta diversidad de enfermedades (1); un control preventivo eficiente es la selección del material de propagación, es decir, que este no esté infectado. (3)

Una buena medida es eliminar el uso de fertilizantes de reacción ácida, con el objeto de evitar la acidificación del suelo, ya que este medio favorece el desarrollo de hongos. Es importante

además la eliminación de residuos de cosecha (o semillero) infectados con inóculo, la herramienta agrícola debe ser lavada o no utilizarla mas, si se ha utilizado en un campo infestado por una enfermedad.(1)

Por último, es recomendable que en los semilleros en general, no se trabaje en suelos pesados con alto nivel de humedad ya que esto favorece el desarrollo de hongos patógenos. (3)

#### **4.1.6. EL SOLARIZADO.**

El solarizado es una práctica de control físico de patógenos del suelo, insectos, malezas, etc.(7,15), que recientemente se introduce a nuestro país, experimentándose con el en varios cultivos.(26)

La práctica del solarizado consiste en cubrir con una capa de polietileno transparente el suelo, a capacidad de campo, esto produce un aumento en la temperatura del suelo por el constante paso de la radiación solar a través del polietileno, lo cual, combinado con la humedad del suelo crea un proceso de pasteurización que elimina patógenos del suelo, insectos y malezas. En realidad, el calentamiento se da por un constante efecto de invernadero creado entre la lámina de polietileno y el suelo. (13,15,26.)

Los períodos de exposición de este proceso han variado, dependiendo de la región del planeta y los organismos que se desean eliminar (6,11). La solarización a demostrado ventajas sobre otros métodos, entre ellos se puede mencionar el mejoramiento de la estructura del suelo y además sobre su fertilidad (17), se ha observado un incremento en la actividad de microorganismos

antagónicos a los patógenos de las plantas, tal es el caso de las especies de *Bacillus*, *Trichoderma* y *Talaromyces flavus*. (16)

#### **4.1.6.A. REQUERIMIENTOS Y PRINCIPIOS DEL SOLARIZADO.**

Estos son producto de la síntesis que se logra a partir del resultado de distintas investigaciones y de los conceptos básicos de funcionamiento del solarizado.

Los requerimientos para que el solarizado funcione eficientemente son:

1. La cobertura del suelo con polietileno debe ser completada y realizada antes de la siembra, de modo que, al sembrar el proceso haya terminado y se evite daño a las plantas.
2. El suelo durante la cobertura debe permanecer húmedo para favorecer la sensibilidad termal en el suelo y mejorar así, la conducción de calor.
3. Preparar adecuadamente el terreno, para evitar que hayan agregados grandes, que provoquen mayor espacio entre partículas y se disminuya la conducción de calor en el suelo. Al colocar el polietileno este debe estar a ras del suelo y debe evitarse la formación de bolsas de aire, que reduzcan la conducción de calor.
4. El control debe extenderse en tiempo, para lograr un ataque más efectivo de los patógenos de capas más profundas, donde la temperatura será menor.
5. El polietileno transparente debe ser usado, ya que es más barato y eficiente en el proceso.

(26)

Los principios que deben mantenerse sin ser usurpados, para que el proceso sea eficiente son:

1. Debe utilizarse polietileno transparente e incoloro, ya que este transmite la mayor cantidad de radiación solar para producir el calentamiento en el suelo.
2. La cobertura del suelo debe llevarse a cabo en períodos de alta temperatura e intensa radiación solar.
3. El suelo debe estar a capacidad de campo en el momento en que se instale el tratamiento de solarizado.
4. Se debe utilizar el polietileno más delgado de que se disponga, ya que este es más barato y efectivo en el calentamiento del suelo, debido a una mayor transmisión de radiación solar.
5. Debido a que la temperatura de las capas más profundas del suelo es menor que en las capas superiores, se necesita un mayor período de exposición para actuar eficientemente en las capas profundas.

(26)

#### **4.1.6.B. LA PRODUCCIÓN DE CALOR POR SOLARIZADO, TEMPERATURAS ALCANZADAS Y PROFUNDIDADES DE DESINFECCIÓN.**

La producción de calor que se llega a alcanzar con el solarizado, está en función de la temperatura que en el suelo se desarrolle, esta depende de varios factores:

1. Tiempo de exposición.
2. Frecuencia ó duración de la radiación.
3. Temperatura de la superficie del suelo.
4. Intensidad de la radiación. (26)

Estos factores varían según el ciclo diurno y anual de la radiación solar (13). El calor es producido gracias a la capa de polietileno que produce la eliminación de la evaporación, convección del calor durante el día y el efecto de invernadero que esta proporciona. (26)

La principal fuente de calentamiento de los suelos es la radiación solar de onda corta y larga, sumándose a esta fuente de calentamiento factores como la temperatura, humedad del aire, velocidad del viento y algunas características del suelo como su color, textura y nivel de humedad. (7,26)

La temperatura alcanzada por los suelos depende del calor que el solarizado logre aportar, por medio de la conjunción de los factores antes expuestos (26). Las poblaciones de patógenos en los suelos son reducidas significativamente a temperaturas entre los 35 y 50 grados centígrados; en exposiciones desde cortas hasta largas, como semanas, dependiendo esto de la temperatura que se logre alcanzar (7). Por lo general la profundidad en la que se da un aumento de temperatura apreciable es de 30 centímetros. (13)

En estudios anteriores se han logrado por medio de la solarización, las siguientes temperaturas a distintas profundidades:

- A 5 centímetros de profundidad se ha logrado elevar la temperatura en un rango desde los 42 hasta los 60 grados centígrados.
- A 10 centímetros de profundidad se han logrado obtener temperaturas comprendidas entre los 40.6 y 53.3 grados centígrados.

- A 20 centímetros de profundidad se han logrado tener temperaturas de 36 hasta 45 grados centígrados.
- A 30 centímetros de profundidad se han obtenido temperaturas desde los 35.1 hasta los 39.2 grados centígrados.
- Y a 40 centímetros de profundidad se han obtenido temperaturas entre 34 y 38 grados centígrados. (26)

#### **4.1.6.C. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PRÁCTICA DEL SOLARIZADO.**

A lo largo de este documento se mencionan una serie de cualidades beneficiosas de la práctica del solarizado, pero, como cualquier técnica su práctica posee ciertas limitaciones. Para conocer de una forma más objetiva las ventajas y limitaciones del uso del solarizado, estas se enumeran a continuación.

##### **Ventajas:**

1. Influye en la fertilidad del suelo, debido a las altas temperaturas y el medio de humedad se da una descomposición acelerada de la materia orgánica y otros compuestos minerales.
2. Mejora la estructura del suelo, ya que coopera en su proceso a una mejor floculación y posterior agregación de los consolidados del suelo.
3. Favorece el crecimiento de organismos benéficos, como se explicará a continuación, en el uso de antagonistas y antibiosis en el suelo.
4. Es un método económico y no contaminante.

5. Elimina en alta proporción la población de patógenos del suelo. Reduce los riesgos de fitotoxicidad, ya que cualquier compuesto es simplificado debido a las altas temperaturas y el medio acuoso.
6. Destruye parásitos potencialmente desconocidos, de las plantas.
7. Controla malezas.
8. Tiene un efecto desinfectante prolongado en varios años.
9. Se puede alternar con otros métodos de control de patógenos.
10. En áreas pequeñas no requiere de maquinaria sofisticada.
11. Tiene características como para evaluarse y utilizarse posteriormente en estrategias de Manejo Integrado.

(7,13,26.)

#### Limitaciones:

1. En áreas extensas necesita de maquinaria para su instalación.
2. Es muy costoso para algunos cultivos, lo que puede resultar prohibitivo a determinados pequeños productores, sobre todo, a los practicantes de la agricultura de subsistencia.
3. No permite un uso intensivo del terreno, ya que durante el período de solarizado el suelo debe de estar libre de cultivos.
4. En Israel el método ha sido utilizado en grandes áreas, en este nivel se ha presentado el problema de contaminación por las mantas plásticas empleadas; ya que de no recogerse y destruirse adecuadamente, se convierten en contaminante.

(7,13,26.)

#### **4.1.6.D. EFECTOS ADICIONALES AL SOLARIZADO.**

##### **4.1.6.D.a. Efecto en la Producción:**

En los experimentos ya realizados y usos a nivel de campo que se le han dado al solarizado, ha demostrado que los cultivos sembrados en suelos solarizados han alcanzado mayor crecimiento vegetativo, así como mayor peso de frutos y forrajes. Ejemplo de esto se da en el cultivo del tomate incrementando un 56% su peso seco; en pimienta aumentó un 38% y en frijol 41% (17). Mejores resultados se han obtenido en otros cultivos, como en los siguientes casos: En la producción de fresa se obtuvo un aumento de 44%; en papa 35%; en algodón de 40-70%; en nuez de 42-146% y en cebolla de 60-125%. (26)

##### **4.1.6.D.b. Efecto en el Suelo y sus Características:**

Dentro de los efectos del solarizado se han logrado incrementar los macro y microelementos en la solución del suelo, eliminar materiales fitotóxicos acumulados en el suelo, y se ha mejorado la agregación del suelo; se han reportado altos incrementos en la concentración de nitratos y menores de amonio. También se han incrementado como iones intercambiables el cloro, potasio, sodio y magnesio (7). El amonio y nitrato se han incrementado en la solución de los suelos con contenidos de materia orgánica, debido a la descomposición acelerada de esta. (11)

Como se puede observar los productos de las reacciones que en el suelo produce el solarizado, con llevan a una lenta y progresiva acidificación de los suelos, por lo que no es recomendable su uso prolongado en suelos ácidos. (11)

#### 4.1.6.D.c. Efecto sobre las Malezas y Plantas Parasíticas.

El control de malezas por este método es bastante eficiente y benéfico, siempre y cuando se de el período de exposición adecuado. En Costa Rica, Navarro et. al. (22), reportan una evidente reducción de malezas gramíneas, de hoja ancha y ciperáceas; obteniendo para un período de exposición de 178 Hrs., un 87% de reducción en la población de malezas, encontrándose como única especie de las ciperáceas resistente al solarizado a *Cyperus rotundus*.

En otro estudio en Costa Rica, Herrera F. (11), reporta un control eficiente sobre Poáceas y malezas de hoja ancha, siendo los tratamientos más efectivos, el de 5 y 6 semanas de exposición al solarizado, encontrándose como malezas predominantes *Phyllanthus sp.*, *Euphorbia hypericifolia*, *Killiynga brevifolia*, *Fimbristilis annua* y *Cyperus flavus*.

También se ha observado que la solarización en períodos cortos ( 2 semanas) estimula la emergencia de las malezas: *C. rotundus*, *Brachiaria mutica*, *Ixophorus unisetus*, *Portulaca oleracea* y *Ageratum conyzoides*. (22,23.)

En Guatemala, en ensayos realizados en arveja china, se ha observado que las malezas más agresivas y resistentes al solarizado son, la Verdolaga (*Portulaca oleracea*) (6) y la Hierba de Pollo (*Commelina diffusa*). (26)

“En general se ha observado que las malezas anuales son mucho más sensibles al solarizado que las perennes. Entre los principales géneros de malezas que han sido controlados, se pueden mencionar: *Amaranthus*, *Capsella*, *Chenopodium*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Eleusine*, *Fumaria*,

*Lactuca, Mercurialis, Montra, Notobasis, Phalaris, Poa, Sisymbrium, Solanum, Stellaria* y *Shantium*. (26)

También se sabe que la técnica del solarizado ha tenido éxito en el control de plantas parásitas, entre las que se encuentran *Orobancha spp.* (9)

#### **4.1.6.E. INFLUENCIA DEL SOLARIZADO EN *Bacillus subtilis*.**

El solarizado en periodos de exposición adecuados elimina gran cantidad de microorganismos; sin embargo, después del proceso, algunos de estos que han permanecido en latencia colonizan el suelo inmediatamente. Los principales microorganismos antagonistas del suelo, que resisten el proceso de solarizado son las especies de *Bacillus* como representativas de las bacterias, y las especies de *Trichoderma* y *Talaromyces flavus*. (7)

Stapleton y DeVay, (7) determinaron en 1982, que las especies de *Bacillus* son las bacterias gram positivo que predominan como sobrevivientes al proceso de solarizado. Además, indican en 1984 (17), que se presenta como una ventaja alterna al solarizado, el incremento de las poblaciones de bacterias del género *Bacillus* ya que estas favorecen el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas cultivadas.

Si bien las poblaciones iniciales de *Bacillus* durante el proceso de solarizado son altamente reducidas, estas posteriormente, llegan a ser el más alto componente de la microflora del suelo, ya que durante el proceso, se induce a un estrés térmico de las bacterias, por lo que inician la

formación de endosporas. A través de estas sobreviven al solarizado y colonizan efectivamente los suelos solarizados. (9)

Alexander (2), menciona que las especies del género *Bacillus* digieren la quitina, compuesto estructural importante en la pared celular de los hongos fitopatógenos, hace referencia por lo tanto a que estas bacterias son capaces de disminuir la severidad de las enfermedades causadas en las plantas por hongos patógenos.

"Pusey, afirma que *B. subtilis* tiene características deseables para estudios en control biológico, indica además que esta bacteria es proliфера en suelos donde *Rhizoctonia solani* está presente." (8)

Se observa que *B. subtilis* además de tener características deseables para un control biológico puede tenerlas para un control integrado al conjugarlo con el solarizado, ya que, puede resistir el proceso de solarizado y exterminar en su posterior colonización a los hongos patógenos sobrevivientes a este proceso.

#### **4.1.7. MATERIAL BIOLÓGICO A UTILIZAR PARA EL CONTROL DE PATÓGENOS DEL SUELO.**

La bacteria *Bacillus subtilis* fue inoculada por medio del producto comercial KODIAK, conocido comercialmente también con los nombres Bs. y QUANTUM 4000. (28)

El producto fue creado por Gustafson en 1,990, su formulación consiste en 1.2 E10 esporas viables, gram positivo, 6% i.a. formulado con otros fungicidas. Su aplicación es recomendada por el productor a la semilla en dosis de 0.23-0.45Kg./45.5 Kg. de semilla, y puede ser combinado con otros tratamientos químicos de semilla. (28)

El producto no es tóxico para animales de sangre caliente, se indica como precaución no aplicarlo a semillas de consumo. Su uso actual se da principalmente en el tratamiento de semilla de algodón, nueces y lentejas; su uso en otros cultivos se encuentra en investigación.(28)

Gustafson indica que esta cepa es de natural ocurrencia, y que la bacteria suele colonizar el sistema radicular de las plantas atacadas por patógenos, después de germinada la semilla. (28)

En Guatemala se introduce una nueva presentación de la bacteria *Bacillus subtilis*, por medio del producto Subsól, que es una suspensión de esporas y es producido por Agrícola el Sol.

## **4.2. MARCO REFERENCIAL.**

### **4.2.1. LA SOLARIZACIÓN EN EL CONTROL DE PATÓGENOS DEL SUELO.**

El solarizado es un método de desinfección no química del suelo bastante nuevo y poco desarrollado a nivel comunal. Según Labrada R.(17) el método fue propuesto y desarrollado por primera vez por Katan (1981) en Israel, en donde se definió al solarizado como un proceso hidrotérmico que crea condiciones de alta temperatura en el suelo, ideal para uso en período de presembrado o preplantación para controlar un buen número de plagas y enfermedades del suelo.

Desde 1981, se han venido desarrollando una serie de experimentos con el objeto de determinar el mejor período y material de solarizado, en el control de patógenos del suelo en varios cultivos. En Costa Rica se han desarrollado varios experimentos de este tipo, en 1989 se evaluó el efecto del solarizado en *R. solani* y malezas, utilizando 6 tratamientos : 103, 142, 177 y 215 horas de radiación solar, un testigo sin inóculo de *R. solani* y sin cobertura, y otro más solo con cobertura. En este experimento el tratamiento más eficiente fue el de 215 horas de radiación solar, logrando un 71% de reducción en la incidencia de *R. solani*, también se determinó que el solarizado tuvo mayor eficiencia en el control de malezas que en el de *R. solani*. (22)

Herrera F. (11) reportó que en Costa Rica se han realizado experimentos, utilizando el solarizado y al antagonista *Trichoderma harzianum*; uno de estos experimentos se realizó en de tomate, inoculando al antagonista *T. harzianum* en afrecho de café al suelo y utilizando un período de solarizado de 22 días, para el control de nemátodos. Se encontró en este experimento que en el suelo solarizado hubo mayor porcentaje de plantas sanas, mayor altura de plantas y menor número

de nódulos de *Meloidogyne*. El efecto de *T. harzianum* no fue significativo. Otro trabajo similar se llevó a cabo en la combinación del solarizado y la incorporación de afrecho inoculado con *T. harzianum* en coliflor, para el control de *R. solani*. El solarizado garantizó la reducción de la población inicial del nemátodo *Helicotylenchus*. La interacción de ambas formas de combate no resultó significativa para el control de la enfermedad. (11)

En otros experimentos en Costa Rica, se evaluó el solarizado en varios niveles de exposición hasta 28 días, utilizando manta plástica transparente e inoculando al antagonista *T. harzianum*, en el control de *Fusarium spp.* y *R. solani* en semilleros de café. Se encontró, en este experimento, que la incidencia de la enfermedad disminuía conforme aumentaba el tiempo de exposición al solarizado, determinándose al final, que en un período de 28 días se logra obtener la totalidad de las plantas libres de la enfermedad. El tratamiento con el antagonista *T. harzianum* no resultó eficaz en la reducción de la incidencia de los patógenos, pero sí provocó un incremento en la emergencia de las plantas. Se reporta además que la aparición de *R. solani* fue tardía e irregular. (11,22)

Fernández E. (9), cita una gran cantidad de experimentos realizados desde 1,981, utilizando el solarizado para el control de nemátodos fitopatógenos, entre estos experimentos, se utilizan como referencia los siguientes:

- Porter y Meriman (1,983) determinaron en Australia un período de 4 a 6 semanas de solarizado, para un control efectivo de *Macroposthonia xenoplax*, *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus penetrans* y *Tylenchus semipenetrans*.

- Raymundo S. evaluó en Perú el solarizado en el control de *Meloidogyne incognita* en almácigos de papa, en este experimento se determinó un período de 3-6 semanas, con doble cobertura de plástico, para obtener más de 70% de control y aumento de tamaño en la planta; adjuntamente se observó menor ataque de *R. solani*.
- Acosta y Cuadras (1,991), evaluaron el solarizado en el suelo utilizado para almácigos de café, el experimento se realizó en Cuba. Se evaluó un período de solarizado de 4-8 semanas, para la disminución de la infestación por patógenos, en dependencia del tipo de suelo. Se determinó para un suelo pardo la disminución mayor al 75% del nemátodo *Meloidogyne sp.* y para suelo aluvial un período de solarizado de 30 días, disminuyéndose la incidencia más del 90 %.

Por su parte, Fernández E. (9) (1,991), evaluó en Cuba el solarizado en semilleros de tabaco, en períodos de exposición de 4 - 6 semanas. Determinó un período óptimo de solarizado y preparación del suelo de julio - agosto; se determinó además que para el combate de malezas un período de exposición de 4 semanas es suficiente (excepto *C. rotundus*); además, para el combate de *Phytophthora infestans var. nicotianae*; para el combate de nemátodos se determinó como período eficiente el de 6 semanas (*Meloidogyne incognita*). También en Cuba, Pérez M. (8) (1,993), evaluó el solarizado en semilleros de tabaco, para el control de *Meloidogyne incognita*, utilizando períodos de exposición al solarizado entre 4 - 6 semanas en un suelo arenoso; se determinó que con un período de exposición de 6 semanas los niveles de infestación de nemátodos eran no detectables, además de observarse reducción en la población de malezas, excepto *C. rotundus*. Otros experimentos han sido realizados en España, Israel, E.E.U.U., Italia, Libia, Marruecos, Egipto, Siria e Irán, con resultados pobres, efectivos y altamente efectivos; modificados estos de un lugar a

otro por efecto del clima y períodos de exposición no adecuados, los cuales, ya han sido determinados. (9)

En Guatemala se ha realizado una buena cantidad de experimentos, determinando los períodos ideales de solarizado para cada cultivo y lugar. Gaitán Ramos, citado por Solís Paiz (26), trabajó en la evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en arveja china (*Pisum sativum L.*) durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el Municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, obteniendo resultados satisfactorios, reduciendo a *Fusarium spp.* en un 82.69%, *Rhizoctonia solani* en 73.69%, *Fusarium oxysporum* 73.06% y *Ascochyta spp.* en 71.41%; además se observó la disminución de las poblaciones de los nemátodos *Meloidogus sp.*, *Xiphinema sp.*, *Longidorus sp.*, *Aphelenchus sp.*, *Aphelenchoides sp.*, *Trichodorus sp.* y *Tylenchus sp.* en casi un 100%.

López Quiñónez, citado por Solís Paiz (26), trabajó en la evaluación de métodos de control de la hernia de las crucíferas (*Plasmiodiophora brassicae*), en el cultivo del brócoli, en Patzún, Chimaltenango, concluyendo en que, los tratamientos que comprendieron el, solarizado, solarizado - encalado, solarizado - PCNB y encalado solo, fueron eficaces en el control de *P. brassicae*, siendo el tratamiento de solarizado - encalado el que produjo mayor rendimiento y la mayor tasa marginal de retorno.

Solís Paiz (26), trabajó en el control de patógenos del suelo en semilleros de café, en el Valle de Esquipulas, Departamento de Chiquimula, utilizando cuatro períodos de exposición (0, 2, 4 y 6 semanas), comparados contra un testigo químico. En este experimento se determinó como mejor período de exposición al solarizado, el de 6 semanas, este redujo hasta un 7.05% la incidencia del

mal del talluelo, resultando bastante cercano al resultado obtenido con el testigo químico (pero estadísticamente iguales), que logró reducir hasta un 6.61% la incidencia de la enfermedad. El mejor tratamiento de solarizado para el control de las poblaciones de nemátodos fue también el de 6 semanas de exposición, reduciendo considerablemente las poblaciones de *Helicotylenchus*, *Criconebella*, *Meloidogyne* y *Aphelenchoides*. (26)

#### 4.2.2. CONTROL BIOLÓGICO EJERCIDO POR *Bacillus subtilis* SOBRE LOS PATÓGENOS DEL SUELO.

En la actualidad se ha experimentado en distintos lugares con antagonistas e hiperparásitos que pueden ejercer algún tipo de control biológico sobre los patógenos del suelo. Tal es el caso de los experimentos realizados en Costa Rica con el antagonista *Trichoderma harziense*; en Guatemala se han realizado experimentos utilizando la bacteria *Bacillus subtilis* en el control biológico de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de Arveja China. Calderón Brán (8), reportó tres estudios simultáneos, en los que se utilizó a dicha bacteria en combinación con la aplicación de Captan y Materia Orgánica, *B. subtilis* fue aplicado en dos dosis a la semilla. Los experimentos fueron realizados en Patzicia, Chimaltenango; San Bartolomé Milpas Altas y Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez.

Las conclusiones generales extendidas por estos tres estudios indican que *B. subtilis* ejerce un control significativo sobre *F. oxysporum*, y que, la mejor dosis de aplicación es de 0.45 Kg. de Kodiak por 45.45 Kg. de semilla. Se concluye además que el mejor tratamiento para el control de *F. oxysporum* se da al combinar *B. subtilis* (Kodiak en la dosis ya mencionada) con Captan, además se determinó que este es el tratamiento con mayor rendimiento. Entre las recomendaciones de estos

estudios se propone combinar a *B. subtilis* con el solarizado, con el objetivo de optimizar el control de *F. oxysporum* por medio de un manejo integrado (físico - biológico). (8)

Solis F. (24), reporta otro experimento realizado en arveja china, utilizando *B. subtilis*, aplicada al suelo en tres dosis (1.7, 2.5, 3.4 Kg./Ha. de Kodiak), 1 y 2 aplicaciones; estos tratamientos comparados con un testigo químico (Captan), un testigo absoluto y un tratamiento que incluye la aplicación de *B. subtilis* a razón de 0.45 Kg. Kodiak/ 45.45 Kg. de semilla. Estos tratamientos pretendían reflejar si la aplicación de *B. subtilis* al suelo era más eficiente que los tratamientos ya evaluados en el control de *F. oxysporum*.

Este experimento determinó que la aplicación de *B. subtilis* al suelo es eficiente, determinándose como mejor tratamiento el de 3.4 Kg. / Ha. de Kodiak, aplicado al suelo en dos ocasiones, reduciéndose la incidencia de la enfermedad hasta un 9.61%; el otro tratamiento es el que involucra la aplicación de *B. subtilis* a la semilla reduciendo la incidencia hasta un 11.2%. El tratamiento más rentable fue aplicando 1.7 Kg / Ha. de Kodiak en dos ocasiones, presentando una incidencia de 17.42%, seguido del tratamiento en que se aplican 3.4 Kg./Ha. de Kodiak en dos aplicaciones al suelo, con una incidencia de 16.60%. El resto de tratamientos presentaron baja rentabilidad ó incidencia alta. (24)

Otro experimento reportado por Solis F., involucró la aplicación de *B. subtilis*, en distintas variedades de arveja china y dulce, con el objetivo de evaluar la eficiencia de *B. subtilis* en cuatro variedades de arveja y establecer los costos de producción y rentabilidad de los tratamientos. Los menores porcentajes de incidencia fueron presentados por los tratamientos de las variedades Oregon Sugar Pod II + *B. subtilis* y Snow Flakes + *B. subtilis*, con 4% y 5.2% (estadísticamente

iguales); además se menciona como tratamientos de mayor rendimiento los que involucran la variedad Oregon Sugar Pod II + *B. subtilis* con 6.81 Tm. / Ha., seguido de Oregon Sugar Pod II sin *B. subtilis* con 5.89 Tm/ Ha. (27)

#### **4.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EN QUE SE REALIZÓ EL EXPERIMENTO.**

El experimento se realizó en la Finca Villa San José, localizada en la Aldea Gavia Grande, en el Municipio de Pueblo Nuevo Viñas, Departamento de Santa Rosa. Se observa en este lugar, un clima bastante seco durante el verano, sin tenerse inviernos demasiado copiosos. La Finca San José se encuentra exactamente en la bocacosta, caída a la altiplanicie del océano pacífico, por lo que se tienen altas temperaturas, a pesar de encontrarse a una altitud cercana a los 1,300 m.s.n.m.; además debido a esto encontramos que durante la mitad del verano el lugar es azotado por fuertes vientos.

El municipio de Pueblo Nuevo Viñas está lindando al norte con Villa Canales (Gua.); al este con Chiquimulilla, Guazacapán y Barberena (S.R.); al oeste con Guanagazapa (Esc.). La cabecera del municipio se encuentra a 1,270 m.s.n.m., a una latitud de 14° 13' 24" y longitud de 90° 28' 26". Se indica como principal riqueza del municipio las valiosas y extensas fincas de café que en el se establecen. (10)

La Finca San José se encuentra localizada al sureste de la cabecera municipal de Pueblo Nuevo Viñas, se llega a ella por medio de la carretera Interamericana CA-1 o la carretera CA-2, desviándose por la ruta que lleva a la hidroeléctrica Aguacapa. (10)

Según Simmons (25), los suelos que se encuentran en la zona en estudio, pertenecen a la serie de suelos Barberena (Bb), del Grupo IIA ó Suelos del Declive del Pacífico; estos son descritos como profundos, regularmente drenados, desarrollados sobre un flujo lodoso, o lahar máfico pedregoso, en un clima húmedo a seco. Se describen estas áreas como altamente pedregosas, aunque algunas áreas están libres de esto. Se describen estas áreas como de relieve ondulado a inclinado, encontrándose en la parte superior del declive de la altiplanicie central al Océano Pacífico, con pendientes comprendidas de 20 a más del 50% de inclinación. La elevación varía entre 600 a 1,800 MSNM. (25)

Simmons describe esta área como adecuada para el cultivo del café, e indica que este junto al cultivo del maíz son los cultivos predominantes en el área. (25)

## 5. OBJETIVOS.

### 5.1. GENERAL:

- 5.1.2. Determinar la eficiencia de la combinación de un método biológico con un método físico, en el control de patógenos del suelo en semilleros de café.

### 5.2. ESPECÍFICOS:

- 5.2.1. Determinar el período de exposición al solarizado más eficiente en el control de patógenos del suelo en semilleros de café.
- 5.2.2. Determinar el efecto de *Bacillus subtilis* en el control de hongos fitopatógenos en semilleros de café.
- 5.2.3. Determinar si existe interacción significativa entre los distintos períodos de exposición al solarizado y el método biológico aplicado por medio de *Bacillus subtilis* en el control de patógenos del suelo en semilleros de café.

## 6. HIPÓTESIS.

- La interacción, solarizado con ocho semanas de exposición y la aplicación de *B. subtilis* es significativa y produce un efecto positivo para el control de patógenos del suelo en semilleros de café.
- El período de exposición al solarizado más efectivo en el control de patógenos del suelo en semilleros de café es el de ocho semanas.
- La bacteria *Bacillus subtilis* produce un buen nivel de control de los hongos fitopatógenos productores del mal del talluelo en semilleros de café.

## 7. METODOLOGÍA.

### 7.1. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.

#### 7.1.1. TRATAMIENTOS A EVALUAR.

El experimento realizado constó con *dos factores*, uno de ellos el solarizado como método de control físico, y el otro la aplicación de *B. subtilis* como método de control biológico. El factor solarizado constó de *cuatro niveles*, es decir, de cuatro distintos períodos de exposición, presentándose estos en el Cuadro 1:

---

**Cuadro 1. Niveles de Solarizado Evaluados, en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN
1	Sin Solarizar.
2	Solarizado de 4 semanas de Exposición
3	Solarizado de 6 semanas de Exposición
4	Solarizado de 8 semanas de Exposición

---

El factor *B. subtilis* constó de *dos niveles*, descritos en el Cuadro 2:

**Cuadro 2. Niveles de *B. subtilis* Evaluados, en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN
1	Sin aplicación de <i>B. subtilis</i> .
2	Aplicación de <i>B. subtilis</i> en la dosis recomendada.

Los niveles de los factores antes descritos se sometieron a un *arreglo combinatorio*, en el que se distribuyeron en un diseño en *Bloques al Azar*. La aplicación del arreglo combinatorio se presenta a continuación en el Cuadro 3:

**Cuadro 3. Arreglo Combinatorio de los Niveles de los Factores Evaluados, en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.**

SOLARIZADO	CONTROL BIOLÓGICO (C.B.)	COMBINACIÓN	# TRAT.
8 SEMANAS	SIN APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol.8	1
	APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol.8 + B.s.	4
6 SEMANAS	SIN APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol. 6	2
	APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol. 6 + B.s.	5
4 SEMANAS	SIN APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol. 4	3
	APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol. 4 + B.s.	6
0 SEMANAS	SIN APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol. 0 (testigo)	8
	APLICACIÓN <i>B. subtilis</i>	sol. 0 + Bs.	7

### 7.1.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un Diseño en Bloques al Azar, constando este de cuatro repeticiones. En cada una de las repeticiones (bloques), se distribuyeron los ocho tratamientos, previamente aleatorizados.

Cada una de las ocho unidades experimentales constó de un área de un metro cuadrado. En esta área se distribuyeron 0.34 kilogramos de semilla, en promedio mil ciento veinticinco (1125) semillas, que dieron origen en promedio a ochocientas (800) plantas, basándose en la prueba de germinación hecha a la semilla, que mostró un 71% de germinación.

Con el fin de reducir al máximo el error experimental, en la toma de muestras se estableció un efecto de borde de veinte centímetros alrededor de la parcela ó unidad experimental.

#### 7.1.2.A. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.

*Hipótesis Nula:*

Ho 1:  $V_i / A_i = A_i'$

Ho 2:  $V_j / B_j = B_j'$

Ho 3: No existe interacción entre los dos factores evaluados.

*Hipótesis Alternativa:*

Ha 1:  $A_i / A_i \neq A_i'$

Ha 2:  $A_j / B_j \neq B_j'$

Ha3: Existe interacción entre los dos factores evaluados.

#### 7.1.2.B. NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ): 0.05

### 7.1.2.C. MODELO ESTADÍSTICO.

$$Y_{ijk} = m + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = % de incidencia de hongos fitopatógenos del suelo en la  $ijk$ -ésima unidad Experimental.

$m$  = Valor de la media general de incidencia.

$A_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo período de exposición al solarizado.

$B_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima aplicación de *Bacillus subtilis* (control biológico).

$AB_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo período de exposición al Solarizado y la  $j$ -ésima aplicación de *Bacillus subtilis*.

$C_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo bloque.

$E_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental.

### 7.1.2.D. SUPUESTOS ESTADÍSTICOS.

- $E_{ijk} \approx \text{NID}(0, \sigma^2)$
- No existe interacción entre bloques y tratamientos.

### 7.1.3. VARIABLES DE RESPUESTA.

#### 7.1.3.A. INCIDENCIA DE HONGOS FITOPATÓGENOS.

Para evaluar esta variable respuesta se realizaron muestreos semanales, cuatro en total (4 semanas de semillero), a partir de la germinación de la semilla, recolectando en cada unidad experimental las plántulas ó plantas enfermas, que presenten síntomas de ataque del mal del talluelo. Las cuales se trasladaron al Laboratorio de Diagnóstico de la FAUSAC, donde se determinó el agente causal de la enfermedad en cada planta.

De los resultados obtenidos en el procedimiento antes mencionado, se llevó un registro de la incidencia total del mal del talluelo en cada unidad experimental y un registro de incidencia por género de hongo causante de esta enfermedad en cada unidad experimental.

Al finalizar los muestreos se contaron las plantas sanas listas para transplantar, de cada unidad experimental. Utilizando este dato y el de plantas enfermas, se calculó el porcentaje de incidencia total y por género de hongo, en cada unidad experimental, de la siguiente forma:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{plantas sanas/u.e.} + \text{total plantas enfermas / u.e.}}{\text{plantas enfermas que se desean analizar / u.e.}} * 100$$

Habiéndose encontrado el porcentaje de incidencia total del mal del talluelo y el porcentaje de incidencia de cada género de hongo encontrado por unidad experimental, se procedió al análisis de datos.

### **7.1.3.B. INCIDENCIA DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS.**

Para determinar la incidencia de nemátodos fitopatógenos, se realizaron tres muestreos de suelo; el primero se realizó antes de instalar los tratamientos de solarizado, haciéndose este en forma general para toda el área experimental, tomándose para esto una muestra mixta que fue representativa de toda el área mencionada; el segundo, se hizo al levantar los tratamientos de solarizado, este muestreo se llevo a cabo en cada tratamiento, tomándose una muestra mixta y representativa de cada unidad experimental en la que se presentaba el respectivo tratamiento (4 submuestras por tratamiento); el tercer y último muestreo se tomó en cada unidad experimental al finalizar el experimento (4 submuestras), es decir, en el momento en que las plantas estuvieron listas para transplantar (10 semanas después de la siembra).

Las muestras así tomadas, se transportaron al Laboratorio de Diagnóstico de la FAUSAC en donde se determinaron las poblaciones totales de nemátodos, así como, las poblaciones por género de nemátodo en cada unidad experimental. Teniéndose un registro de poblaciones de nemátodos en cada repetición de cada tratamiento.

### **7.1.4. ANÁLISIS DE DATOS.**

#### **7.1.4.A. INCIDENCIA DE HONGOS FITOPATÓGENOS.**

Con la finalidad de determinar si existe diferencia estadísticamente significativa, entre los niveles de solarizado evaluados, la aplicación o no de *B. subtilis* y la interacción de estos dos factores, en el control del mal del talluelo y de cada uno de los géneros de hongos que se

presentaron; se realizó un Análisis de Varianza para el porcentaje de incidencia total del mal del talluelo y tres más, uno para el porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia sp.*, el otro para *Fusarium sp.* y el último para el porcentaje de incidencia de los dos hongos antes mencionados interactuando en forma conjunta, en un hospedero.

Previo a realizar el Análisis de Varianza respectivo, los datos de porcentaje de incidencia obtenidos, fueron sometidos a una prueba de normalidad, en la que se determinó que la varianza de estos se distribuyera normalmente, en los casos en que la prueba indicó lo contrario, los datos fueron corregidos, de tal forma que su varianza tuviese una distribución normal y pudiesen ser analizados por medio de un Análisis de Varianza.

En los casos en que el análisis de varianza determinó una diferencia significativa entre interacciones o entre los niveles de un factor, se realizaron Pruebas de Medias de Tuckey, para determinar que interacción, que nivel de un factor o que tratamiento, posea la mayor diferencia significativa, que lo describa como el mejor tratamiento para el combate de hongos fitopatógenos, productores del mal del talluelo en semilleros de café.

#### **7.1.4.B. INCIDENCIA DE NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS.**

El análisis de esta variable se realizó principalmente en forma gráfica. A partir de las poblaciones obtenidas de nemátodos en cada repetición de cada tratamiento, se obtuvo una media, para cada tratamiento, en cada uno de los muestreos.

En este caso se observa, comparativamente que tratamiento suprimió en mayor escala las poblaciones de nemátodos. Además de analizar que tratamiento suprimió mejor las poblaciones de nemátodos a través del tiempo, especificándose por género en cada caso.

#### **7.1.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO.**

La preparación del terreno experimental se realizó con tiempo de anticipación a la instalación de los tratamientos, elaborando cuatro tablonces de trece metros de largo y un metro de ancho, cada tablón separado del otro por 0.5 metros. El tablón fue subdividido en nueve tabloncillos de un metro cuadrado, cada uno de estos teniendo una división entre ellos de 0.5 metros.

El suelo de los subtablonces fue tratado, para evitar en él, la compactación y formación de agregados grandes, y de esta forma crear un suelo adecuado para la aplicación de los tratamientos y desarrollo de las plantas de café.

Antes de realizar la siembra se realizó una prueba de germinación, para determinar el número y peso de semilla que debía ser utilizada, en cada unidad experimental, con el fin de obtener 800 plantas en cada una de ellas.

### **7.1.5.A. INSTALACIÓN DEL SOLARIZADO.**

Las láminas de polietileno fueron colocadas sobre los tablones, según correspondió al tiempo de exposición del tratamiento correspondiente, las láminas se enterraron y cubrieron en los bordes para asegurar el hermetismo.

Se colocaron primero las láminas que correspondían a los tratamientos de mayor exposición, luego se instalaron los de menor exposición y de forma consecutiva se realizó una instalación escalonada de estos tratamientos, para, al final, uniformizar el día de la siembra.

El polietileno a utilizar para el solarizado es denominado en Guatemala con el nombre de Ecocontrol y es distribuido por Olefinas S.A., a un costo de Q. 9.78 el Kilogramo de polietileno, tomándose como referencia que 441 Kilogramos de este material son suficientes para cubrir una superficie de 10,000 metros cuadrados de terreno.

### **7.1.5.B. INOCULACIÓN DE *Bacillus subtilis*.**

La inoculación en el terreno de *B. subtilis*, se realizó por medio del producto comercial Kodlak, aplicando a razón de 0.0034 kg/m<sup>2</sup> del mismo producto. La inoculación de la bacteria en el terreno se llevó a cabo en todas aquellas unidades experimentales en que se requería en el momento en que se instaló el primer tratamiento de solarizado.

### **7.1.5.C. SIEMBRA Y MANTENIMIENTO DEL SEMILLERO.**

La semilla utilizada, es de la especie Coffea arabica var. Caturra, esta fue proporcionada por la finca San José, lugar en que se realizó el experimento, esta semilla fue seleccionada en la cosecha 96/97 y proviene de un área de la finca, destinada para la selección de semilla, ya que en ella se garantiza la pureza genética de la misma.

La siembra se realizó en surcos, estableciendo en cada unidad experimental seis surcos, separados 0.15 metros uno del otro y dejando del borde de la unidad experimental 0.12 metros al primer surco. En cada surco se sembraron 0.057 kilogramos de semilla, que dieron origen en promedio a 133 plantas por surco y de esta forma se completó por unidad experimental una población total de 800 plantas.

Al finalizar la siembra se colocó una capa de heno de Jaraguá (*Hyparrhenia ruffa*) sobre la semilla sembrada, este sirvió para evitar daños mecánicos a la semilla, al darse la germinación, se levantó esta cubierta y se realizó un tapanco para dar sombra al semillero. Los riegos realizados dependieron de la distribución de las lluvias ya que se contó con un inicio de invierno poco lluvioso, por lo que hubo necesidad de regar en los días en que no se contó con lluvia.

El control de malezas en las unidades experimentales no fue necesario, ya que el solarizado demostró una total eficiencia en el control de malezas, en todas las unidades experimentales que se trataron con el. Las que no se trataron con solarizado, fueron desmalezadas manualmente y alrededor del área del experimento y calles se realizó un tratamiento químico para eliminar malezas, quince días antes de iniciarse el experimento.

## 8. RESULTADOS

### 8.1. INCIDENCIA DE HONGOS FITOPATÓGENOS PRODUCTORES DEL MAL DEL TALLUELO.

Durante los cuatro muestreos realizados en el experimento y el posterior trabajo de laboratorio, se determinó la incidencia total del mal del talluelo, para cada unidad experimental y en promedio para cada tratamiento. Así mismo se determinaron únicamente dos géneros de hongos fitopatógenos produciendo la enfermedad en estudio: *Rhizoctonia solani* y *Fusarium sp.*, un tercer caso se presentó al encontrar plantas en las que los hongos antes mencionados produjeron la enfermedad en forma asociada, tal y como lo indica Agrios (1). De tal forma que a continuación se analizarán los datos divididos en los siguientes casos, según se indica en la metodología del experimento:

1. Análisis de la incidencia Total del Mal del Talluelo.
2. Análisis de la incidencia de *Fusarium sp.*
3. Análisis de la incidencia de *Rhizoctonia solani*.
4. Análisis de la incidencia asociada en un hospedero de *Fusarium sp.* y *Rhizoctonia solani*.

Los porcentajes de incidencia para cada tratamiento, en cada repetición y en promedio, para los cuatro casos en que se analizará la incidencia de la enfermedad se presentan en el Apéndice, Cuadros 15 "A", 16 "A", 17 "A" y 18 "A".

Antes de realizar Análisis de Varianza a los datos de porcentaje de incidencia fue necesario verificar que estos cumplieran con los supuestos de dicho análisis:

1. *Los errores siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza constante.* La distribución independiente se garantiza por medio de la aleatorización de los tratamientos en el Diseño Experimental; la distribución normal, media cero y varianza constante, fueron evaluados por medio de la Prueba de Shapiro & Wilk.
2. *Existe Homogeneidad de Varianzas entre los Tratamientos.* Este supuesto es verificado también por la prueba de Shapiro & Wilk.
3. *El Modelo es completamente Aditivo.* El modelo aditivo del diseño empleado se presenta en la Metodología.

Al realizar la mencionada comprobación, se encontró que los datos de porcentaje de incidencia para la acción asociada de *Fusarium sp.* y *Rhizoctonia solani* eran los únicos que no cumplían para su caso con una distribución normal. Estos datos fueron corregidos por medio del corrector :

$$\sqrt{\% \text{ inc.} / 100}.$$

Habiéndose confirmado que los datos cumplieran con los supuestos para la realización de Análisis de Varianza, se procedió a su realización, en los cuatro casos ya mencionados.

### 8.1.1. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIA TOTAL DEL MAL DEL

#### TALLUELO.

La incidencia total del mal del talluelo en este experimento engloba la incidencia producida por *Rhizoctonia solani*, *Fusarium sp.* y la enfermedad producida en asocio por los dos hongos recién mencionados, es decir que es la expresión del daño total de la enfermedad en cada tratamiento.

**CUADRO 4.** Análisis de Varianza para el Porcentaje de Incidencia Total del Mal del Talluelo, que se presentó en Finca San José, Pueblo Nuevo Vistas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	10	441.8997	44.1899	3.54	0.0071 *
<b>A</b>	3	292.9671	97.6557	7.82	0.0011 *
<b>B</b>	1	34.9239	34.9239	2.80	0.1094 N.S.
<b>A*B</b>	3	105.5178	35.1726	2.82	0.0641 N.S.
<b>Bloques</b>	3	8.4908	2.8303	0.23	0.8769 N.S.
<b>Error</b>	21	262.3828	12.4944		
<b>Total</b>	31	704.2825			

C.V. = 60.5038

**Factor A:** Niveles de Solarizado.

**Factor B:** Niveles de aplicación de *B. subtilis*.

**A \* B** : Combinaciones de los dos factores.

**\*** : Diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluados.

**N. S.** : No existe diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluadas.

Con base en los resultados obtenidos por el Análisis de Varianza realizado y presentado en el Cuadro 4, se observa que el único factor que presenta diferencia entre sus niveles, al controlar la enfermedad en estudio es el solarizado. Los niveles de aplicación de *Bacillus subtilis* fueron iguales, es decir, que para el desarrollo de la enfermedad es igual que se haya aplicado o no esta bacteria, sin ejercer un control estadísticamente significativo. La combinación de los dos factores evaluados Solarizado - *B. subtilis*, no fue eficiente para el control del mal del talluelo, en este caso el resultado indica que el combinar las dos técnicas no mejora el control de la enfermedad y no existe diferencia en control de la enfermedad entre ninguna de las combinaciones evaluadas.

Al haberse observado una diferencia significativa entre los niveles de solarizado, es necesario conocer cual o cuales de estos niveles son los más eficientes en el control del mal del talluelo. Para ello se presenta en el Cuadro 5 la Prueba de Medias Tukey, aplicada a las medias de incidencia del mal del talluelo en los niveles de solarizado:

**CUADRO 5. Prueba de Medias Tukey, para los Niveles de Solarizado Evaluados en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997. Según las Medias del Porcentaje de Incidencia Total del Mal del Talluelo.**

<b>NIVEL DE SOLARIZADO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>CATEGORIZACIÓN</b>
Solarizado de 8 semanas.	2.173	A
Solarizado de 6 semanas.	4.547	A
Solarizado de 4 semanas.	6.149	B
Solarizado de 0 semanas.	10.174	B

$\alpha = 0.05$

Nota:

Los niveles de solarizado categorizados con la misma letra son iguales, es decir, que no existen diferencias significativas entre ellos.

Por medio de la prueba anterior se logra determinar que los períodos de exposición de 8 y 6 semanas son los más eficientes en el control del mal del talluelo. El período de exposición de 4 semanas es igual a no ejercer ningún tratamiento en el suelo. En este caso se determina que el período de exposición de 6 semanas al solarizado es eficiente, ya que por medio de este se logra reducir la incidencia de la enfermedad a un 4.547 %, que es, estadísticamente igual al 2.173 % de incidencia que se obtiene al solarizar durante un período de exposición de 8 semanas. Este resultado concuerda con el obtenido por Solís Paiz (26) , en este caso, el mejor período de exposición al solarizado para el control del mal del talluelo, fue el de 6 semanas reduciendo a un 7.05% la incidencia de esta enfermedad, siendo este tratamiento *Estadísticamente igual* al Testigo químico *Dazomet*, que redujo a un 6.61% la incidencia de la enfermedad.

Se puede mencionar además que no es conveniente utilizar períodos de exposición menores al de 6 semanas, ya que, el hacer la exposición más corta involucra pérdidas similares y estadísticamente iguales a no aplicar ningún tratamiento de desinfección del suelo. Así mismo debe mencionarse que con fines de fitoprotección, para el caficultor, es recomendable el uso del tratamiento de 8 semanas ya que por medio de él reduce en mayor grado la incidencia del mal del talluelo, adhiriéndose esto al hecho que en las fincas cafetaleras el área reservada para semillero es para este uso exclusivo en el año, lo cual elimina el costo de oportunidad de la tierra por el tiempo de solarizado extra al utilizar el solarizado de 8 semanas.

### 8.1.2. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE *Fusarium sp.*

En el Cuadro 6 se presenta el Análisis de Varianza realizado al porcentaje de incidencia del Hongo fitopatógeno *Fusarium sp.*, la cual constituye una parte de la incidencia total del mal del talluelo, este análisis es realizado con el fin de determinar si los tratamientos influyen de distinta forma en la variedad de patógenos productores de la enfermedad.

**CUADRO 6. Análisis de Varianza del Porcentaje de Incidencia de *Fusarium sp.*, observado en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	10	191.8186	19.1818	4.22	0.0026 *
<b>A</b>	3	116.3122	38.7707	8.52	0.0007 *
<b>B</b>	1	14.3782	14.3782	3.16	0.0899 N.S.
<b>A*B</b>	3	53.4005	17.8001	3.91	0.0230 *
<b>Bloques</b>	3	7.7276	2.5759	0.57	0.6433 N.S.
<b>Error</b>	21	32.2346	1.5350		
<b>Total</b>	31	70.9077			

C.V. = 55.6931

**Factor A:** Niveles de Solarizado.

**Factor B:** Niveles de aplicación de *B. subtilis*.

**A \* B** : Combinaciones de los dos factores.

**\*** : Diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluados.

**N. S.** : No existe diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluadas.

El Análisis de Varianza muestra diferencia entre los tratamientos, específicamente en los niveles de solarizado evaluados y la interacción de los dos factores evaluados Solarizado - *B. subtilis*. En este caso al darse una diferencia significativa en la interacción entre factores es necesario aplicar la Prueba de Medias de Tukey a los distintos niveles de los dos factores evaluados y a todas las interacciones entre ellos, con el fin de determinar que combinación(es), o bien que nivel de un factor es el más eficiente en el control de *Fusarium sp.* productor del mal del talluelo.

En el Cuadro 7 se presenta la Matriz de Diferencia de las medias en estudio, y en el Cuadro 8 se muestran los resultados de la prueba en una categorización.

**CUADRO 7. Matriz de Diferencia de las Medias del Porcentaje de Incidencia de *Fusarium sp.*, en los Tratamientos Evaluados, en Finca San José, Pueblo Nuevo Vías, Santa Rosa; 1997.**

TRAT.	4	1	5	2	6	3	7	8
8	0.0001*	0.0001*	0.0002*	0.0002*	0.0006*	0.0016*	0.0011*	-
7	0.2589	0.0810	0.4202	0.4581	0.8225	0.8790	-	0.0011*
3	0.2029	0.0601	0.3400	0.3731	0.7068	-	0.8790	0.0016*
6	0.3613	0.1232	0.5581	0.6025	-	0.7068	0.8225	0.0006*
2	0.6900	0.2935	0.9478	-	0.6025	0.3731	0.4581	0.0002*
5	0.7386	0.3234	-	0.9478	0.5581	0.3400	0.4202	0.0002*
1	0.5083	-	0.3234	0.2935	0.1232	0.0601	0.0810	0.0001*
4	-	0.5083	0.7386	0.6900	0.3613	0.2029	0.2589	0.0001*

$\alpha = 0.05$

**Regla de Decisión:**

*Si  $\alpha > Pr$ , existe diferencia significativa entre las medias comparadas.*

**CUADRO 8. Resultados de la Prueba de Medias de Tukey, para el Porcentaje de Incidencia de**

***Fusarium sp.* en los Tratamientos Evaluados, en Finca San José, Pueblo Nuevo Vías,**

**Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.**

TRATAMIENTO	MEDIA	CATEGORIZACIÓN
Trat. 1 (Solarizado de 8 semanas.)	1.2275	A
Trat. 2 (Solarizado de 6 semanas.)	2.8525	A
Trat. 3 (Solarizado de 4 semanas.)	4.2250	A
Trat. 4 (Sol. 8 sem. + <i>B. subtilis</i> )	2.2425	A
Trat. 5 (Sol. 6 sem. + <i>B. subtilis</i> )	2.7525	A
Trat. 6 (Sol. 4 sem. + <i>B. subtilis</i> )	3.6500	A
Trat. 7 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	3.9925	A
Trat. 8 (Sol. 0 sem. + 0 <i>B. subtilis</i> )	9.6950	B

$\alpha = 0.05$

Nota:

Los tratamientos categorizados con la misma letra son iguales, es decir, que no existen diferencias significativas entre ellos.

La Prueba de Medias efectuada nos muestra en el Cuadro 8 que todos los tratamientos evaluados controlan de la misma forma la incidencia de *Fusarium sp.*, ya que no existió diferencias significativas entre ninguno de ellos, sin embargo todos estos si presentaron diferencia significativa con respecto al testigo absoluto, que fue el más dañado por este patógeno. Es de importancia mencionar que al analizar la incidencia total del mal del talluelo en los tratamientos, los resultados fueron distintos, ya que, fueron eficientes en el control de la enfermedad únicamente los tratamientos de solarizado de 6 y 8 semanas; en este sentido, vale la pena enmarcar las principales diferencias y argumentos que surgen:

1. La interacción entre los dos factores evaluados (solarizado - *Bacillus subtilis*), no tuvo diferencia entre las distintas combinaciones evaluadas, sin embargo, ejercieron todas ellas un eficiente control de *Fusarium sp.*, lo cual no concuerda con el análisis de la incidencia total del mal del talluelo.
2. La bacteria *Bacillus subtilis* ejerció un control eficiente de *Fusarium sp.*, concordando este resultado con el presentado por Solís F. (24), en el cual se observa un control eficiente de *F. oxysporum* por medio de este control biológico.
3. Para el control de *Fusarium sp.* todos los tratamientos son eficientes, de modo que, el productor debe seleccionar el tratamiento más económico.

### 8.1.3. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE *Rhizoctonia solani*.

En el Cuadro 9 se presenta el análisis de varianza realizado para la Variable porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia solani*, como productor del mal del talluelo. Como ya se mencionó anteriormente este es uno de los dos agentes causales de la enfermedad en estudio en este experimento, por lo que además de evaluarse y analizarse el comportamiento de la enfermedad en general, se precisa la necesidad de hacerlo del mismo modo en forma individual para cada uno de los patógenos, con el fin de observar los distintos efectos que en su control ejerzan los tratamientos.

**CUADRO 9. Análisis de Varianza para el Porcentaje de Incidencia de *Rhizoctonia solani* observado en Finca San José, Pueblo Nuevo Villas, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	<b>10</b>	<b>38.6731</b>	<b>3.8673</b>	<b>2.52</b>	<b>0.0357 *</b>
<b>A</b>	<b>3</b>	<b>28.0009</b>	<b>9.3336</b>	<b>6.08</b>	<b>0.0038 *</b>
<b>B</b>	<b>1</b>	<b>3.2004</b>	<b>3.2004</b>	<b>2.09</b>	<b>0.1635 N.S.</b>
<b>A*B</b>	<b>3</b>	<b>6.3751</b>	<b>2.1250</b>	<b>1.38</b>	<b>0.2751 N.S.</b>
<b>Bloques</b>	<b>3</b>	<b>1.0967</b>	<b>0.3655</b>	<b>0.24</b>	<b>0.8687 N.S.</b>
<b>Error</b>	<b>21</b>	<b>32.2346</b>	<b>1.5350</b>		
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>70.9077</b>			

C.V.= 80.1258

**Factor A: Niveles de Solarizado.**

**Factor B: Niveles de aplicación de *B. subtilis*.**

**A \* B : Combinaciones de los dos factores.**

**\* : Diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluados.**

**N. S. : No existe diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluadas.**

Como se puede observar en el cuadro 9, por medio del Análisis de Varianza realizado, existe únicamente diferencias significativas entre los niveles de solarizado evaluados. La interacción entre los dos factores evaluados (solarizado - *B. subtilis*) no fue significativa estadísticamente, es decir, que las distintas combinaciones de estos factores no fueron distintos al testigo absoluto en el control del patógeno *Rhizoctonia solani*. La bacteria *Bacillus subtilis* no presenta diferencias significativas en los dos niveles evaluados, de modo que no fue eficiente en el control de *Rhizoctonia solani*, empero en el caso anterior obtuvo un control eficiente de

*Fusarium sp.*; dado este resultado, podemos afirmar que esta bacteria no fue eficiente en el control general del mal del talluelo debido a su poca efectividad controlando *Rhizoctonia solani*, lo cual demuestra especificidad en su control biológico.

Dados los resultados del Análisis de Varianza realizado, se presenta en el Cuadro 10, la Prueba de Medias Tukey para los niveles de Solarizado evaluados, de esta forma se podrá observar, qué tratamientos difieren de otros en el control del patógeno y cual(es) fue el tratamiento más eficiente.

**CUADRO 10. Prueba de Medias Tukey, Para los niveles de Solarizado evaluados en Finca San José, Pueblo Nuevo Vías, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997; según las Medias del Porcentaje de Incidencia de *Rhizoctonia solani*.**

<b>NIVEL DE SOLARIZADO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>CATEGORIZACIÓN</b>
Solarizado de 8 semanas.	0.3738	A
Solarizado de 6 semanas.	1.1975	A
Solarizado de 4 semanas.	1.6563	B
Solarizado de 0 semanas.	2.9575	B

$\alpha = 0.05$

**Nota:**

Los niveles de solarizado categorizados con la misma letra son iguales, es decir, que no existen diferencias significativas entre ellos.

Al igual que el análisis realizado a la incidencia total del mal del talluelo, en el control de *Rhizoctonia solani*, los períodos de exposición de 6 y 8 semanas al solarizado, presentan los

mayores niveles de control, reduciendo respectivamente a un 1.19 y 0.37% la incidencia del patógeno, siendo estadísticamente iguales. El solarizado de 4 semanas resultó igual al testigo absoluto, de modo que es totalmente ineficiente en el control de *Rhizoctonia solani*. De esta forma podemos resumir que los tratamientos eficientes y recomendables para el control de *Rhizoctonia solani* son el solarizado de 8 y 6 semanas de exposición, recomendándose preferencialmente el solarizado de 8 semanas de exposición, ya que con él se reduce la incidencia y el inóculo inicial al máximo.

#### **8.1.4. ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA ASOCIADA DE LOS HONGOS *Fusarium* sp. y**

##### ***Rhizoctonia solani*.**

En el transcurso del experimento, al iniciar los muestreos de plantas enfermas con mal del talluelo o damping-off y realizar el respectivo diagnóstico, se presentaron plantas en las que se observaban dos tipos de micelio, uno perteneciente al hongo *Rhizoctonia solani* y el otro al hongo *Fusarium* sp.. Constantemente en los muestreos se observaron plantas afectadas por una combinación o complejo de los hongos ya mencionados produciendo mal del talluelo, debido a que esta incidencia no podía ser atribuida en específico a ninguno de los dos patógenos, se cuantificó esta como una incidencia causada en asocio por los dos hongos, tal y como lo menciona Agrico(1), citado en el Marco teórico de este documento. En el Cuadro 11 se presenta el análisis de varianza aplicado a la variable en estudio.

**CUADRO 11. Análisis de Varianza para el Porcentaje de Incidencia Corregido, de la acción**

*combinada de Fusarium sp. y Rhizoctonia solani en Finca San José, Pueblo Nuevo*

*Vitias, Santa Rosa; de Marzo a Julio de 1997*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Tratamientos	10	0.026	0.0026	1.04	0.4485 N.S.
A	3	0.01725	0.0058	2.29	0.1077 N.S.
B	1	0.001884	0.0019	0.75	0.3961 N.S.
A*B	3	0.0021	0.0007	0.28	0.8410 N.S.
Bloques	3	0.0048	0.0016	0.64	0.6007
Error	21	0.0527	0.0025		
Total	31	0.0787			

C.V. : 106.24

Factor A: Niveles de Solarizado.

Factor B: Niveles de aplicación de *B. subtilis*.

A \* B : Combinaciones de los dos factores.

\* : Diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluados.

N. S. : No existe diferencia significativa entre los niveles o combinaciones evaluadas.

El análisis de varianza indica que no existió ningún efecto de los tratamientos sobre la incidencia combinada de *Fusarium sp.* y *Rhizoctonia solani* ya que no existe significancia estadística entre los tratamientos, combinaciones o niveles evaluados. Aunque estas diferencias no se hayan expresado en el análisis estadístico, es importante mencionar que este tipo de incidencia se presentó en niveles muy bajos, de tal forma que esta pudo encontrarse a niveles no analizables, por lo que no puede argumentarse que los tratamientos no ejerzan un control de esta incidencia combinada, hasta no ser evaluado en condiciones de mayor infección.

## 8.2. ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS.

Se presenta el análisis poblacional de nemátodos en los tratamientos evaluados, a través del tiempo en los tres muestreos realizados, antes de solarizar, antes de sembrar y al final del semillero. En los Cuadros 12, 13 y 14 se presentan los resultados obtenidos en estos muestreos.

**CUADRO 12. Primer Muestreo de Nemátodos realizado en el Área Experimental de Finca San José, Pueblo Nuevo Vías, Santa Rosa; Marzo de 1997.**

Género de Nemátodo	Concentración # /50c.c.
Meloidogyne sp.	40
Helicotylenchus sp.	10
Criconemella sp.	10
Población Total	60 nemátodos/ 50 c.c.

Nota: Todos los datos están dados en # de nemátodos/ 50 c.c. de suelo

**CUADRO 13. Segundo Muestreo de Nemátodos, realizado a los Tratamientos Evaluados en Finca San José, Pueblo Nuevo Vías, Santa Rosa; Abril de 1997.**

Género / Trat.	sol.8	sol.6	sol.4	sol.8+B.s.	sol.6.+B.s.	sol4.+B.s.	B.s.	T.
Criconemella sp.	0	0	0	0	0	0	0	10
Helicotylenchus sp.	0	0	10	0	0	0	300	10
Pratylenchus sp.	0	0	0	0	0	0	0	130
Total Población	0	0	10	0	0	0	300	150

Nota: Todos los datos están dados en # de nemátodos/ 50 c.c. de suelo.

**CUADRO 14. Tercer Muestreo de Nemátodos, realizado a los Tratamientos Evaluados en Finca**

*San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; Julio de 1997.*

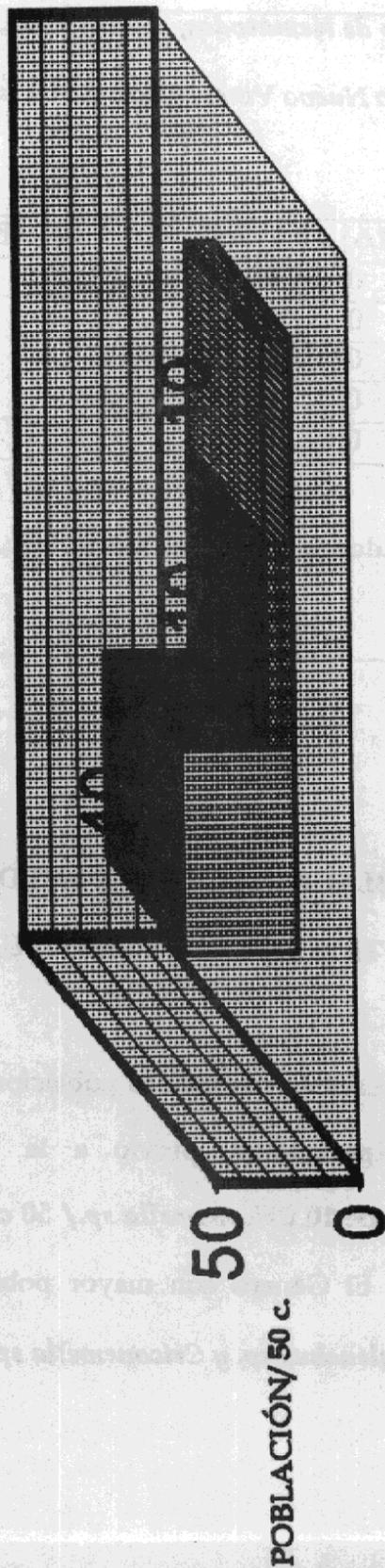
Género / Trat.	sol.8	sol.6	sol.4	sol8. + B.s.	sol6.+B.s.	Sol4.+B.s.	B.s.	T.
<i>Criconemella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Helicotylenchus sp.</i>	0	0	20	0	0	0	280	250
<i>Meloidogyne sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	60
<i>Pratylenchus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	50	200
<b>Población Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>330</b>	<b>530</b>

Nota: Todos los datos están dados en # de nemátodos/ 50 c.c. de suelo.

**8.2.1. ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN TOTAL PROMEDIO DE CADA GÉNERO DE NEMATODO ENCONTRADO, EN LOS TRES MUESTREOS.**

En la Gráfica 1 se presentan los niveles poblacionales de los tres géneros de nemátodos encontrados en el área experimental, previo a la aplicación de cualquier tratamiento, encontrándose una población de 10 *Criconemella sp.* / 50 c.c., 10 *Helicotylenchus sp.* / 50 c.c. y 40 *Meloidogyne sp.* / 50 c.c.. El Género con mayor población fue *Meloidogyne sp.* y los dos subsiguientes fueron *Helicotylenchus sp.* y *Criconemella sp.* Como se puede observar los niveles

# POBLACIONES DE NEMÁTODOS ENCONTRADAS EN EL PRIMER MUESTREO



▨ Meloidogyne sp. ▩ Helicotylenchus sp. ▤ Criconemella sp.

FIGURA 1.

poblacionales de nemátodos fueron aceptables, a pesar de haberse muestreado en verano y de no haberse cultivado en esa área en un tiempo de 2 meses atrás.

En la Gráfica 2, se muestra el comportamiento poblacional de cada género de nemátodo encontrado, durante el segundo muestreo. En este momento se podrá observar el efecto de los tratamientos de solarizado y su diferencia con el Testigo absoluto y el tratamiento en que se aplicó *B. subtilis*, ya que estos dos presentaron las más altas poblaciones de nemátodos fitopatógenos. Los tratamientos de solarizado de 8 y 6 semanas (tratamientos 1 y 2), y aquellos en que estos se combinaron con *B. subtilis* (tratamientos 4 y 5) eliminaron por completo las poblaciones de los géneros de nemátodos encontrados en el primer muestreo; así también, lo hizo el tratamiento en que se combinó el solarizado de 4 semanas y *B. subtilis* (tratamiento 6). Por otro lado el tratamiento que evaluó el solarizado de 4 semanas de exposición fue efectivo en el control de *Criconebella* y *Pratylenchus*, sin embargo, este tratamiento no fue efectivo en el control de los nemátodos del género *Helicotylenchus* presentándose después de aplicado el tratamiento, una población de 10 *Helicotylenchus* / 50 c.c..

El tratamiento Testigo Absoluto muestra que existe un adecuado control de los tratamientos ya mencionados, ya que de no ser así las poblaciones de *Criconebella* y *Helicotylenchus* permanecerían en el mismo nivel que en el primer muestreo. Además muestra la proliferación evitada de un nuevo nemátodo, *Pratylenchus*, que presentó una población de 130 / 50 c.c. En este muestreo no se presentó en ningún tratamiento el nemátodo *Meloidog. ne.*

En la Gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos en cada tratamiento en el tercer muestreo. Los tratamientos de solarizado de 6 y 8 semanas, así como la combinación de estos con

# Comportamiento de las Poblaciones de Nemátodos, por Género, en el Segundo Muestreo.

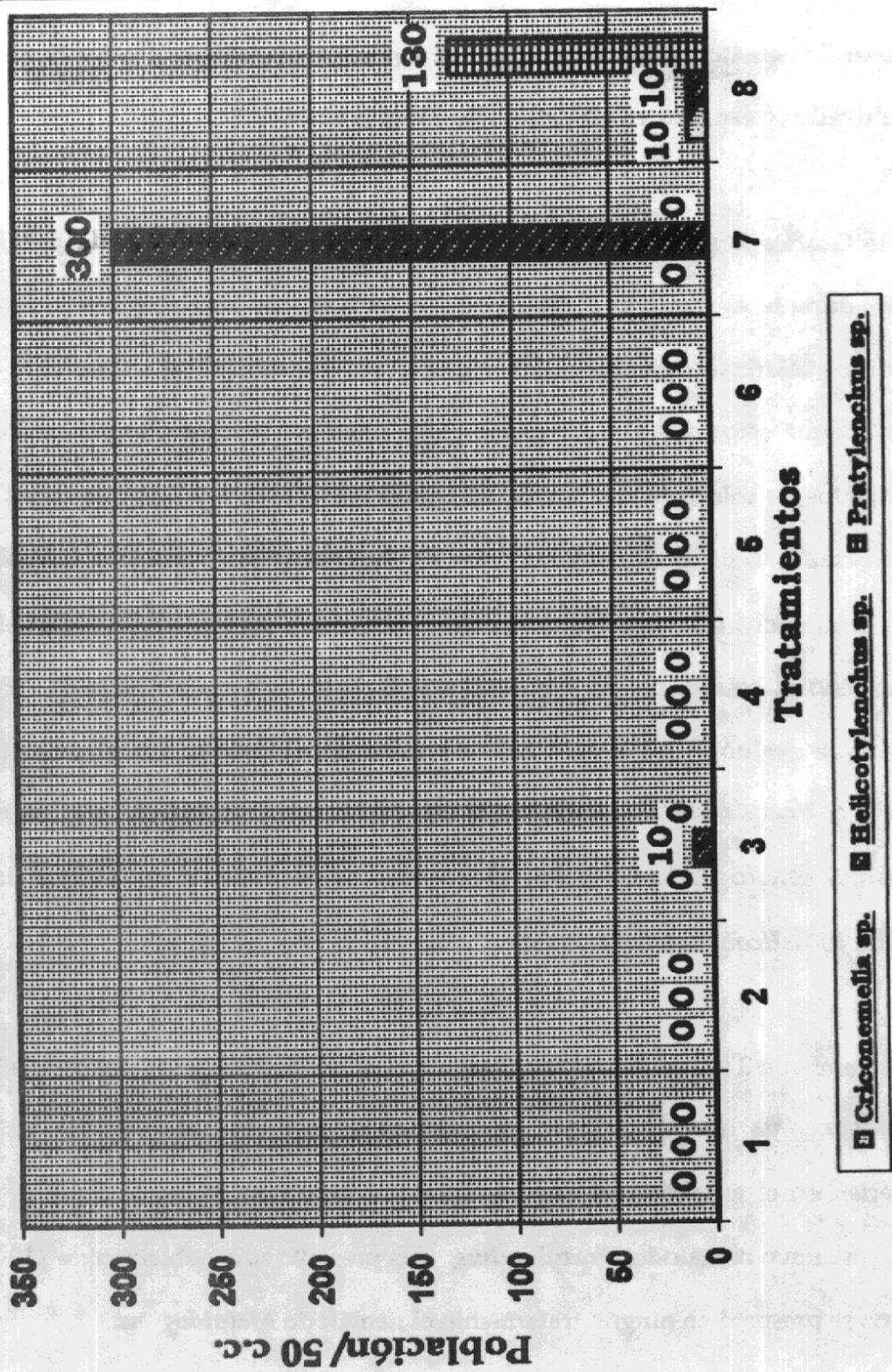


FIGURA 2.

**Comportamiento de las Poblaciones de Nematodos, por Género, en el Tercer Muestreo.**

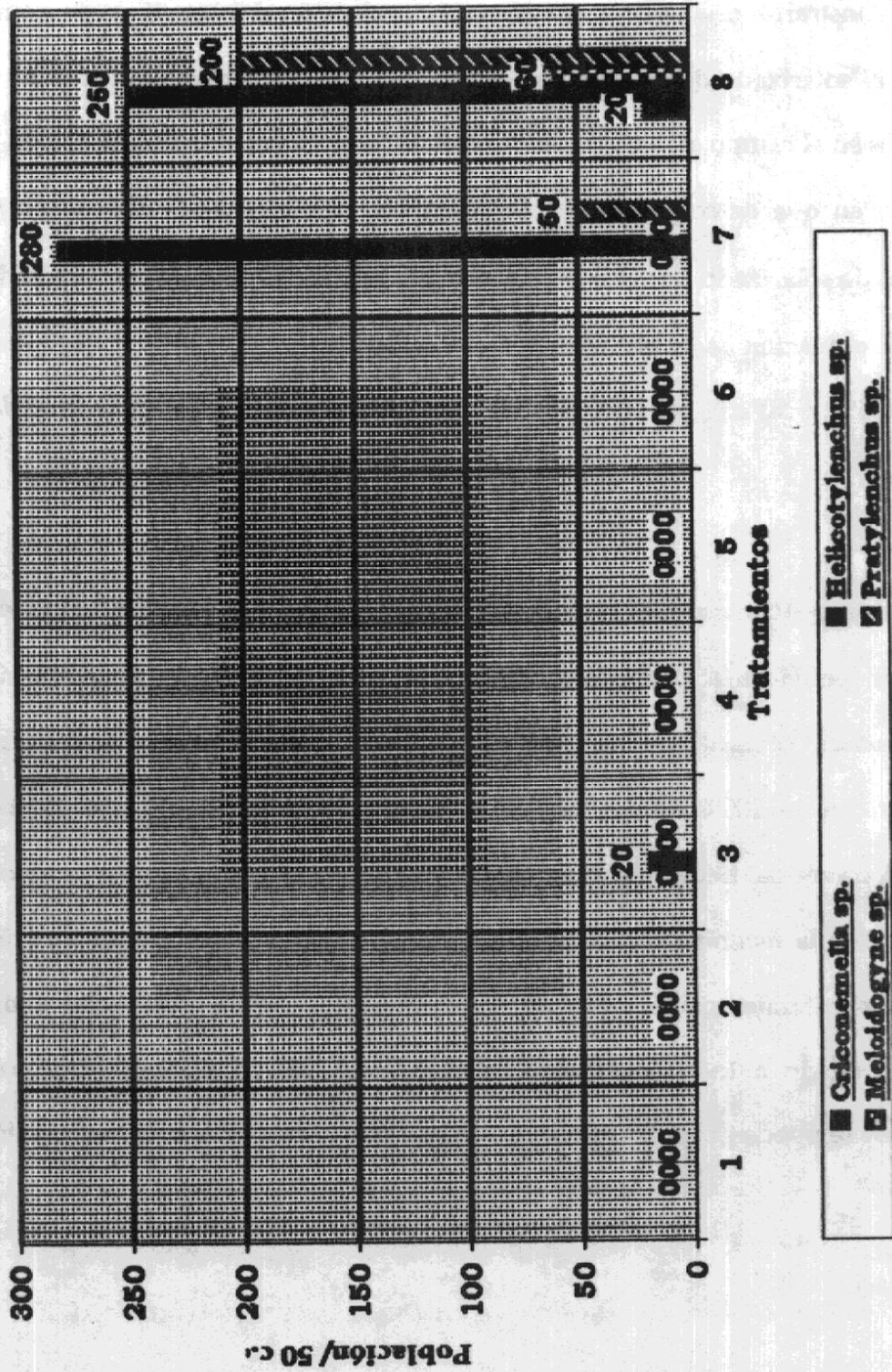


FIGURA 3.

*B. subtilis* mostraron una eficiencia total en la protección del semillero de nemátodos. Como se puede ver el solarizado disminuyó a 0 / 50 c.c. la población de nemátodos de todos los géneros encontrados en el campo experimental durante todo el proceso de semillero. Así también lo hizo el tratamiento en que se combinó el solarizado con 4 semanas de exposición y *B. subtilis*. El tratamiento de solarizado de 4 semanas no fue eficiente en el control del nemátodo *Helicotylenchus* ya que esta población se incremento al tercer muestreo de 10 / 50 c.c. que poseía en el segundo muestreo a 20 / 50 c.c., mostró alta eficiencia en el control de *Cricconemella*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*.

El Testigo Absoluto y el Tratamiento en que se aplicó *B. subtilis* nos muestra el incremento de grandes poblaciones de nemátodos en el área no tratada, encontrando *Cricconemella*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, en altos niveles. Comparativamente, todo lo contrario y con un 100% de efectividad se observó en los tratamientos de solarizado de 6 y 8 semanas. A través del tiempo se observó que los tratamiento que no ejercen un control completo al inicio permiten la recuperación de las poblaciones de nemátodos en la etapa de semillero, por el contrario los tratamientos de solarizado que presentan amplia efectividad demostraron tener un efecto prolongado a todo el proceso de semillero, esto demuestra que, por medio de estos tratamientos se puede garantizar un semillero de café libre de nemátodos fitopatógenos.

## 9. CONCLUSIONES.

1. Los períodos de exposición al solarizado de seis y ocho semanas, son los más eficientes en el control de patógenos del suelo en semilleros de café; siendo estadísticamente iguales en el control del mal del talluelo y los hongos que lo producen.
2. Los períodos de exposición al solarizado de seis y ocho semanas controlan en un cien por ciento las poblaciones de nemátodos fitopatógenos, bajo las condiciones de este experimento.
3. La bacteria *Bacillus subtilis* no ofrece un eficiente control biológico del mal del talluelo; ya que no controla efectivamente al complejo de hongos productores del mismo; bajo las condiciones de esta evaluación.
4. La bacteria *Bacillus subtilis* ofrece un eficiente control biológico sobre el hongo *Fusarium sp.*
5. La interacción entre el control biológico ejercido por la bacteria *Bacillus subtilis* y el control físico del solarizado, no es significativa en el control del mal del talluelo en semilleros de café.
6. El tratamiento más recomendable en el control de patógenos del suelo, desde el punto de vista práctico y epidemiológico, es el solarizado con un período de exposición de ocho semanas.

## 10. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar en el control de patógenos del suelo en semilleros de café el tratamiento de solarizado con período de exposición de ocho semanas, para obtener la mejor fitoprotección a lo largo del semillero.
2. Evaluar el Control Biológico de *Bacillus subtilis*, inoculando en dosis mayores a la utilizada en este experimento. Conviene además evaluarla en varias aplicaciones; ya que es posible que al modificar una de estas opciones mejore su control sobre otros hongos, además de *Fusarium sp.*; ya que la dosis evaluada en este trabajo se determinó tomando como referencia la utilizada para controlar *Fusarium oxysporum*.(24, 27.)
3. Una buena referencia se generaría al evaluar los tratamientos de solarizado en el control de mal del talluelo producido por *Fusarium sp.* y *Rhizoctonia solani* en asociación, en un lugar con alta incidencia en esta modalidad de la enfermedad.

## 11. BIBLIOGRAFÍA.

1. AGRIOS, G.N. 1989. *Pitopatología; de enfermedades de las plantas cultivadas ocasionadas por hongos*. Trad. por: Manuel Guzmán Ortiz. México D.F., Méx., Limusa. 756 p.
2. ALEXANDER, M. 1987. *Microbiología del suelo*. 2 ed. Trad. por: Juan José Peña Cabriaes. México D.F., Méx., A.G.T. 491 p.
3. ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ. (Gua.). 1991. *Manual de caficultura*. Guatemala. 169p.
4. ———. 1996. *Reporte de la producción mundial de café*. Cafetín. (Gua.) no. 8:10.
5. BURDON, K.L.; WILLIAMS, R.P. 1985. *Microbiología*. 6 ed. Trad. por: Antonio Olid Anguera. México D.F., Méx., Publicaciones Culturales. 830p.
6. CALDERÓN, L.F. 1995. *Experiencias obtenidas con la solarización del suelo en Guatemala*. En *Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras)*. Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p.9 - 11.
7. DE VAY, J.B.; STAPLETON, J.J.; CLYDE, C.L. 1991. *Soil solarization*. California, Estados Unidos, University of California, Plant Pathology Dept. 395p.
8. ESTRADA, A.; MORALES, J.; THURM, K. 1995. *Evaluación de Bacillus subtilis en el control biológico de Fusarium oxysporum en arveja china*. En *Manejo integrado de plagas en arveja china; fase III; 1993-1994*. Calderón, D. Dardón, V. Salguero, eds. Guatemala, MIP-ARF-ICTA-CATIE. p.50 - 67.
9. FERNÁNDEZ, E. 1995. *Efecto de la solarización sobre los nemátodos parásitos de plantas*. En *Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras)*. Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 21 - 23.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1980. *Diccionario geográfico de Guatemala*. Guatemala, Tipografía Nacional. Tomo 2, p.721 - 722.
11. HERRERA, F. 1995. *La solarización en Costa Rica*. En *Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras)*. Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. p.1 - 3.
12. JONES JUNIOR, S.B. 1988. *Sistemática vegetal*. 2 ed. Trad. por: M<sup>ra</sup> de Lourdes Huesca. México D.F., Méx., MacGraw-Hill. 536p.
13. KATAN, J. 1980. *Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects*. *Plant Disease (E.E.U.U.)* 66 (5) : 450-454.

14. ———; FISHLER, G.; GRINSTEIN, A. 1983. Short and long term effects of soil solarization and crop sequence on Fusarium wilt and yield of cotton in Israel. *Phytopathology* (E.E.U.U.) 73(8) : 1215 - 1219.
15. KATAN, J.; GREENBERG, H.; GRINSTEIN, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* (E.E.U.U.) 66(5) : 683- 687.
16. KATAN, J.; GREENBERG, H.; YOGEV, A. 1985. Induced suppressiveness in solarized soils. *Phytopathology* (E.E.U.U.) 75 (11) : 1291.
17. LABRADA, R. 1995. El desarrollo actual de la solarización del suelo. *En Taller Regional de Solarización del Suelo.* (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. p. 21 - 23.
18. MARTYN, R.D.; HARTZ, T.K. 1986. Use of soil solarization to control Fusarium wilt of watermelon. *Plant Disease* (E.E.U.U.) 70 (8): 762 - 766.
19. ———. 1987. Fusarium oxysporum f. sp. Niveum race 2: a highly aggressive race new to the United States. *Plant Disease* (E.E.U.U.) 71 (3): 233 - 236.
20. MIHAIL, J.D.; ALCORN, S.M. 1984. Effects solarization on Macrophomina phaseolina and Sclerotium rolfsii. *Plant Disease* (E.E.U.U.) 68(2) : 156 - 159.
21. MUNNECKE, D.F.; RAMÍREZ, J. 1985. Effects of solarization of soil amended with residues on Fusarium oxysporum f. sp. conglutinans race 5. *Phytopathology* (E.E.U.U.) 75 (11):1291.
22. NAVARRO, J.R. et al. 1995. Efecto de la solarización del suelo sobre la población de malezas y del hongo Rhizoctonia solani durante la estación lluviosa en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* (C. R.) 15(1/2): 93 - 98.
23. RAMÍREZ - VILLAPUDUA, J.; MUNNECKE, D. E. 1987. Control of cabbage yellows (Fusarium oxysporum f. sp. conglutinans) by solar heating of field soils amended with dry cabbage residues. *Plant Disease* (E.E.U.U.) 71(3) : 217 - 221.
24. RAMOS, C. 1996. Efecto de aplicaciones al suelo de Bacillus subtilis en el control de Fusarium oxysporum en arveja china. *En Manejo integrado de plagas en arveja china; Fase IV; 1995 - 1996.* F. Solís ed. Guatemala, MIP - ARF - ICTA - CATIE. p.42 - 43.
25. SIMMONS, CH. 1956. Descripciones de los suelos que aparecen en la carta agrológica de reconocimiento de la república. Guatemala, Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura s.p.
26. SOLÍS PAIZ, R.F. 1996. Evaluación de períodos de solarizado para el control de patógenos del suelo en semilleros de café, en la finca La Planta, Esquipulas, Chiquimula. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78p.

27. SOSA FLORES, H. 1996. Evaluación de Bacillus subtilis en el control biológico de Fusarium oxysporum con diferentes variedades de arveja china y dulce. En Manejo integrado de plagas en arveja china; fase IV; 1995 - 1996. F. Solís ed. Guatemala, MIP - ARF - ICTA - CATIE. p. 44.
28. THOMSON, W. T. 1993. Agricultural chemicals. s.l., Thomson Publications. Book IV. 226p.

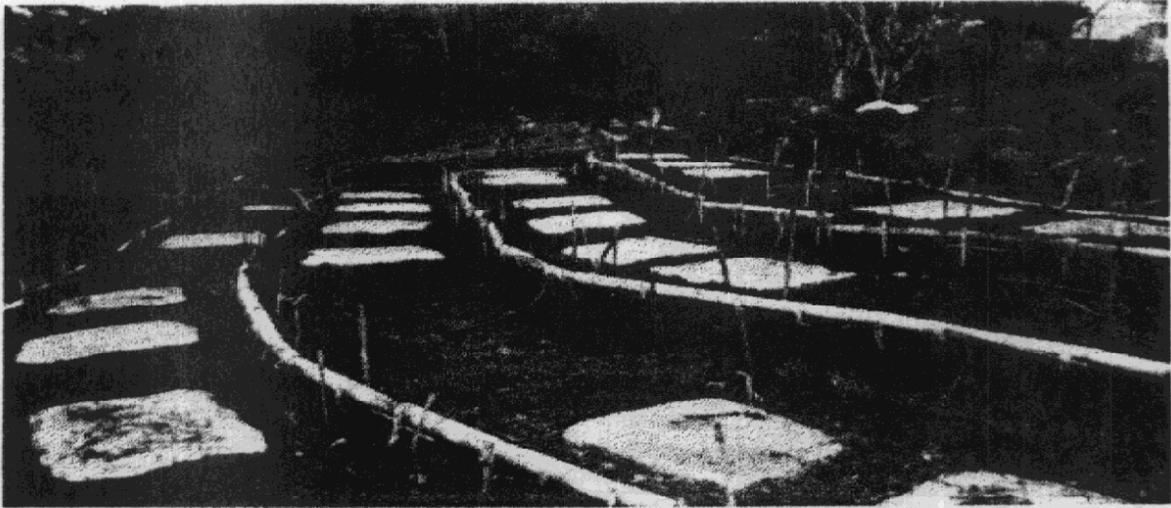
Vo. Co.  
*Petrucci*



**12. APÉNDICES.**

**Figura 4 "A".**

Vista parcial del Ensayo de Investigación, estando instalados los tratamientos de solarizado, en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa, Abril de 1997.



**Figura 5 "A".**

Desarrollo de las plantas de café en el tratamiento de Solarizado de ocho semanas, al momento del trasplante, en Finca San José, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa, Julio de 1997.



**CUADRO 15 "A".**

**PORCENTAJES DE INCIDENCIA TOTAL DEL MAL DEL TALLUELO. MEDIA DE LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD PARA CADA TRATAMIENTO, FINCA SAN JOSÉ, PUEBLO NUEVO VIÑAS, SANTA ROSA; AGOSTO DE 1,997.**

TRAT./ REPET.	I	II	III	IV	Media
1	0.4	0	2.07	3.84	1.5775
2	9.31	1.36	6.76	1.75	4.795
3	7.82	5.58	5.98	6.95	6.5825
4	0	0.53	4.85	5.69	2.7675
5	0.23	10.76	3.13	3.29	4.3525
6	0.3	9.73	8.13	4.7	5.715
7	5.38	10.86	2.49	6.69	6.355
8	16.92	10.16	18.01	13.28	14.5925

**CUADRO 16 "A".**

**PORCENTAJES DE INCIDENCIA DE *Fusarium* sp. COMO PRODUCTOR DEL MAL DEL TALLUELO. MEDIA DE LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD PARA CADA TRATAMIENTO, FINCA SAN JOSÉ, PUEBLO NUEVO VIÑAS, SANTA ROSA; AGOSTO DE 1,997.**

TRAT. / REPET.	I	II	III	IV	Media
1	0.2	0	1.53	3.18	1.2275
2	4.28	1.27	4.11	1.75	2.8525
3	4.34	4.09	4.07	4.4	4.225
4	0	0.53	4.51	3.93	2.2425
5	0.23	10.76	3.13	3.29	4.3525
6	0.3	5.31	5.25	3.74	3.65
7	3.48	5.84	1.51	5.14	3.9925
8	12.59	7.14	12.59	6.46	9.695

## CUADRO 17 "A".

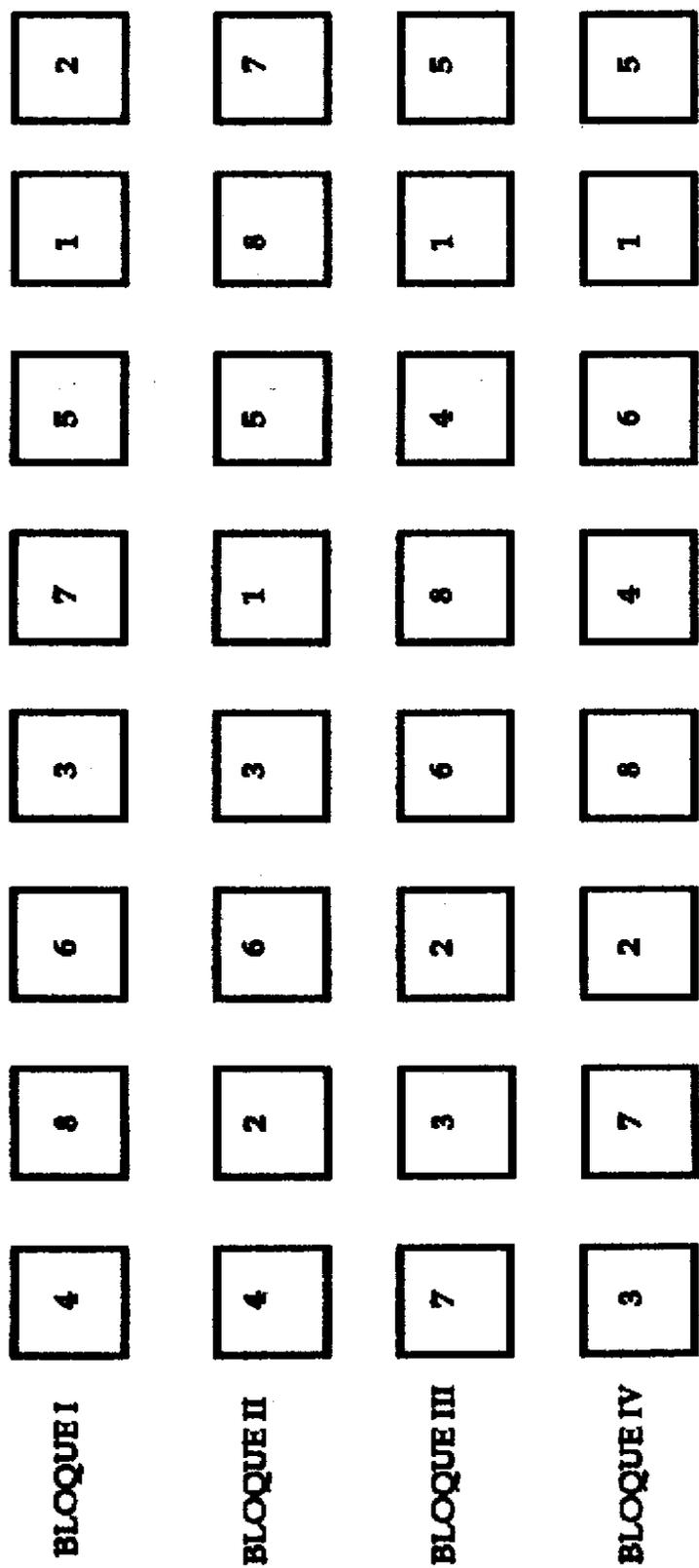
PORCENTAJES DE INCIDENCIA DE *Rhizoctonia solani* COMO PRODUCTOR DEL MAL DEL TALLUELO. MEDIA DE LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD PARA CADA TRATAMIENTO, FINCA SAN JOSÉ, PUEBLO NUEVO VIÑAS, SANTA ROSA; AGOSTO DE 1,997.

TRAT./REPET.	I	II	III	IV	Media
1	0.2	0	0.54	0.55	0.3225
2	2.64	0.09	2.54	0	1.3175
3	2.3	1.21	1.73	1.85	1.7725
4	0	0	0.34	1.36	0.425
5	0	3.56	0.41	0.34	1.0775
6	0	3.1	2.1	0.96	1.54
7	1.57	3.59	0.8	1.55	1.8775
8	3.3	2.34	4.85	5.66	4.0375

## CUADRO 18 "A".

PORCENTAJES DE INCIDENCIA DE LA ACCIÓN ASOCIADA DE *Fusarium sp.* Y *Rhizoctonia solani* COMO PRODUCTOR DEL MAL DEL TALLUELO. MEDIA DE LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD PARA CADA TRATAMIENTO, FINCA SAN JOSÉ, PUEBLO NUEVO VIÑAS, SANTA ROSA; AGOSTO DE 1,997.

TRAT./REPET.	I	II	III	IV	Media
1	0	0	0	0.11	0.0275
2	2.39	0	0.11	0	0.625
3	1.18	0.28	0.18	0.7	0.585
4	0	0	0	0.4	0.1
5	0	2.09	0	0	0.5225
6	0	1.32	0.78	0	0.525
7	0.33	1.43	0.18	0	0.485
8	1.03	0.68	0.57	1.16	0.86



**FIGURA 6"A".**

**CROQUIS DE CAMPO DEL EXPERIMENTO.**  
*La distribución de los tratamientos en cada bloque se indica por su número correlativo.*

**CUADRO 19 "A".****CONDICIONES METEOROLÓGICAS, DURANTE EL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.**

MES	TEMPERATURA (°C)			P. P. (m.m.)	Días con P. P.
	Máxima Promedio	Media Promedio	Mínima Promedio		
Marzo	32.7	25.1	18.4	0	0
Abril	32.48	25.56	19.48	84.5	3
Mayo	32.4	25.78	20.51	119	12
Junio	29.97	24.65	20.63	338.4	19
Julio	31.45	26.04	20.98	157.6	10

♦ Como comparador de estos datos se utilizó el año de 1,998; la diferencia entre estos años en el mismo período de tiempo, de Marzo a Julio, es la siguiente:

*Precipitación: 208.45 m.m. más en 1,998 que en 1,997.*

**Fuente:** Registros INSIVUMEH zona 13, Ciudad Capital de Guatemala.

**Estación meteorológica "Los Esclavos, Santa Rosa"**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Ref. Sem.004-2000

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE TRES PERIODOS DE EXPOSICION AL SOLARIZADO Y EL USO DE LA BACTERIA Bacillus subtilis, COMO METODO DE CONTROL BIOLÓGICO DE PATÓGENOS DEL SUELO EN SEMILLEROS DE CAFE, EN LA FINCA VILLA SAN JOSE, GAVIA GRANDE, PUEBLO NUEVO VIÑAS, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: LUIS ALEJANDRO MEJIA CANIZ

CARNET No: 9410033

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. José de Jesús Castro Umaña  
Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez  
Ing. Agr. Gilberto D. Alvarado Cabrera  
Ing. Agr. Samuel G. Córdoba Calvillo

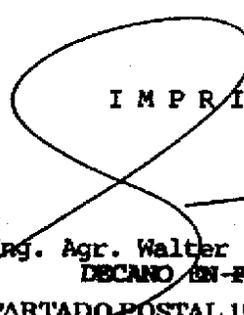
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
~~Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela~~  
A S E S O R

ALVARO GUSTAVO HERNANDEZ DAVILA  
ING. AGRONOMO  
COLEGIADO # 602

Ing. Agr. M.Sc. Alvaro G. Hernández Dávila  
DIRECCION DEL INSTITUTO

IMPRIMASE

  
Ing. Agr. Walter Estuardo García  
DECANO EN-FUNCIONES



cc:Control Académico  
Archivo  
AH/prt.

APARTADO POSTAL 1545 § 01001 GUATEMALA, C.A.

TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: [lusac.edu.gt](mailto:lusac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>