

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

EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO
EN EL CULTIVO DE LA ARVEJA CHINA (Pisum sativum L.), DURANTE LOS
MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE, EN EL MUNICIPIO DE SANTA
LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ.

TESIS

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

POR

JORGE MOISES GAITAN RAMOS
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

Guatemala, Septiembre de 1994.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

10/10/10

10/10/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. JAFETH CABRERA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

VOCAL PRIMERO

Ing. Agr. MAYNOR ESTRADA ROSALES

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. CARLOS MOTTA DE PAZ

VOCAL CUARTO

Prof. GABRIEL AMADO ROSALES

VOCAL QUINTO

Br. AUGUSTO GUERRA GUTIERREZ

SECRETARIO

Ing. Agr. MARCO ROMILIO ESTRADA

Guatemala, Septiembre de 1994.

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

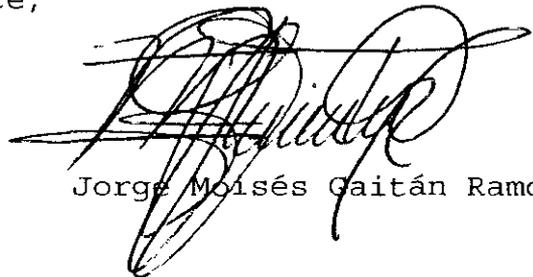
Señores Miembros:

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

EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE LA ARVEJA CHINA (Pisum sativum L.), DURANTE LOS MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE, EN EL MUNICIPIO DE SANTA LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ.

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

Atentamente,



Jorge Moisés Gaitán Ramos

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

por permitirme alcanzar una de mis
metas

A MIS PADRES

Rafael Gaitán Olivares
Thelma Y. Ramos de Gaitán

A MI HERMANO

Byron E. Gaitán Ramos

A MIS ABUELOS

Jorge Gaitán Gonzáles
María M. Olivares de Gaitán (Q.E.P.D.)
Moisés Ramos Tiquirán (Q.E.P.D.)
Matilde Mendoza de Ramos (Q.E.P.D.)

A MIS TIOS, PRIMOS,
SOBRINOS

Con cariño, en especial a mi tía
Manuela Vda. de Cardona

A MI PUEBLO

Champerico, Retalhuleu

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

A MIS AMIGOS

En general

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento sincero a mis asesores Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela e Ing. Agr. M.Sc. Roberto Bran Shaw, por su orientación en el presente trabajo de tesis.

Al proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF, especialmente al Ing. Agr. Luis Felipe Calderón Bran por su colaboración y apoyo.

A la empresa Olefinas S.A. por la asistencia técnica y económica proporcionada para la ejecución de la presente investigación.

Al señor René Murga, por el terreno proporcionado para la realización de la fase de campo de la investigación.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de ésta tesis.

INDICE

i

1. INTRODUCCION.....	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACION.....	4
4. REVISION DE LITERATURA.....	6
4.1. MARCO CONCEPTUAL.....	6
4.1.1. CULTIVO DE LA ARVEJA CHINA.....	6
4.1.1.A. Enfermedades de la raíz causadas por patógenos.....	6
4.1.1.A.a. <u>Rhizoctonia solani</u>	7
4.1.1.A.b. <u>Fusarium</u> spp.....	8
4.1.1.A.c. <u>Pythium</u> spp.....	8
4.1.1.A.d. <u>Aphanomyces euteiches</u>	9
4.1.1.A.e. <u>Ascochyta</u> spp.....	10
4.1.1.A.f. Nematodos.....	11
4.1.1.B. Métodos de control.....	11
4.1.2. SOLARIZACION.....	12
4.1.2.A. El solarizado.....	12
4.1.2.B. Requerimientos del solarizado.....	12
4.1.2.C. Principios del solarizado.....	13
4.1.2.D. Polietileno claro y sus características.....	14
4.1.2.E. Producción de calor.....	15
4.1.2.F. Temperaturas y profundidades de desinfestación.....	16
4.1.2.G. Cultivos y patógenos para los que se ha empleado el solarizado.....	16
4.1.2.H. Ventajas y limitaciones del solarizado.....	17
- Ventajas.....	17
- Limitaciones.....	18
4.1.2.I. La producción con el uso del solarizado.....	18
4.1.2.J. Efectos laterales del solarizado.....	18
4.1.2.J.a. En el suelo y sus características.....	18
4.1.2.J.b. Sobre las malezas.....	19
4.1.2.J.c. Sobre saprófitos y otros organismos.....	20
4.1.2.K. Mecanismos que operan para el control biológico.....	20
4.1.2.L. Duración del efecto del solarizado.....	21
4.1.3. FUNGICIDA A EVALUAR.....	21
4.1.3.A. Captan (Orthocide).....	21
4.2. MARCO REFERENCIAL.....	22
5. OBJETIVOS.....	24
6. HIPOTESIS.....	24
7. MATERIALES Y METODOS.....	25
7.1. AREA EXPERIMENTAL.....	25
7.1.1. Localización y características.....	25
7.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	26
7.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	26
7.3.1. Diseño para toma de datos.....	26
7.3.2. Modelo estadístico.....	26
7.3.3. Descripción de los tratamientos.....	27
7.3.4. Variables a evaluar.....	28
7.3.4.1. Incidencia de la enfermedad.....	28
7.3.4.2. Conteo de nematodos.....	29
7.3.4.3. Biomasa.....	29

7.3.4.4. Malezas y Humedad.....	30
7.3.4.5. Rendimiento.....	30
7.4. ANALISIS DE DATOS.....	30
7.4.1. Análisis de Varianza.....	30
7.4.2. Correlaciones.....	30
7.4.3. Análisis económico a los trats. evaluados.....	31
7.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	31
7.5.1. Preparación del terreno.....	31
7.5.2. Solarizado.....	31
7.5.3. Tratamiento químico.....	32
7.5.4. Siembra.....	32
7.5.5. Fertilización y aplicación de plaguicidas.....	32
7.5.6. Control de malezas.....	32
7.5.7. Tutorado.....	32
8. RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
8.1. Incidencia.....	33
8.2. Conteo de nematodos.....	38
8.3. Biomasa.....	41
8.4. Malezas y Humedad.....	43
8.5. Análisis económico.....	44
9. CONCLUSIONES.....	47
10. RECOMENDACIONES.....	49
11. BIBLIOGRAFIA.....	50
12. APENDICE.....	54
12.1. Resultados de Análisis nematológico.....	63



INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Descripción de los tratamientos empleados en el experimento.....	27
Cuadro 2: ANDEVA para la variable porcentaje de incidencia transformada.....	33
Cuadro 3: Prueba de tukey para la variable porcentaje de incidencia.....	34
Cuadro 4: Porcentajes totales de incidencia por patógeno y por tratamiento.....	35
Cuadro 5: Poblaciones de géneros de nematodos encontrados antes y después de solarizar.....	40
Cuadro 6: Porcentajes de materia seca acumulados -- por cada tratamiento.....	42
Cuadro 7: Especies de malezas encontradas después de la solarización.....	44
Cuadro 8: ANDEVA para la variable rendimiento expresada en kilogramos/hectárea.....	45
Cuadro 9: Tasa Marginal de Retorno (TMR) para los tratamientos seleccionados del análisis de Dominancia.....	46
Cuadro 10 "A": Número de plantas enfermas obtenido de los muestreos de incidencia.....	57
Cuadro 11 "A": Porcentajes de incidencia obtenidos de la relación del número de plantas enfermas y el total por unidad experimental.....	57
Cuadro 12 "A": Porcentajes de incidencia transformados por $\arcseno \sqrt{\%/100}$	58
Cuadro 13 "A": Porcentajes totales de enfermedades radiculares acumulados por muestreo.....	58
Cuadro 14 "A": Contenido de humedad del suelo después de la solarización.....	59
Cuadro 15 "A": Rendimientos expresados en Kg/Ha para cada uno de los tratamientos.....	59
Cuadro 16 "A": Costos variables por hectárea relacionados con la producción de Arveja China y las variantes de aplicación del solarizado.....	60
Cuadro 17 "A": Presupuesto Parcial de los tratamientos evaluados.....	61
Cuadro 18 "A": Análisis de Dominancia para los tratamientos evaluados.....	62
Cuadro 19 "A": Datos climáticos promedios de los últimos 20 años, registrados en la estación "La Suiza Contenta", Sacatepéquez. 1994.....	62



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de la reducción de inóculo inicial entre el tratamiento químico y el promedio de solarizados.....	36
Figura 2: Efecto de tratamientos de solarizado químico y absoluto sobre la incidencia acumulada de enfermedades.....	38
Figura 3: Incidencia total de enfermedades radiculares por tratamiento.....	39
Figura 4 "A": Ubicación del área experimental en Finca Florencia, Aldea St. Tomás M.A., Municipio Sta. Lucía M.A., Sacatepéquez.....	55
Figura 5 "A": Croquis de la distribución de los tratamientos en el área experimental y su descripción.....	56



"EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE LA ARVEJA CHINA (Pisum sativum L.), DURANTE LOS MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE, EN EL MUNICIPIO DE SANTA LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ."

"EVALUATION OF SOIL SOLARIZATION FOR CONTROL OF SOIL-BORNE PATHOGENS IN SNOWPEA CROP (Pisum sativum L.), DURING OCTOBER, NOVEMBER AND DECEMBER, IN SANTA LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ."

RESUMEN

El propósito de ésta investigación fué, establecer la eficiencia del solarizado para el control de patógenos del suelo que afectan al cultivo de la arveja china, el tiempo y calibre con mayor control, y su comparación con el control químico usando captán, producto comúnmente empleado y único con registro EPA para su uso en el cultivo; se realizó en la Finca Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Efectuado por la Facultad de Agronomía (FAUSAC) conjuntamente con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Olefinas S.A., y Agricultural Research Fund (ARF), en el sub-proyecto de investigación de Arveja China fase III.

La evaluación consistió de nueve tratamientos de solarizado, constituidos por la combinación de tres períodos de exposición: 4, 6 y 8 semanas, de tres láminas de polietileno claro calibres: 1.25, 1.50 y 2.00 milésimas de pulgada, un tratamiento químico con Captán y un testigo absoluto (sin control). Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron: incidencia de enfermedades radicales, poblaciones de nematodos, biomasa, malezas y rendimiento.

Los valores obtenidos en la incidencia mostraron diferencias estadísticas entre los dos métodos de desinfestación evaluados (solarizado y químico) y el testigo absoluto. Dando porcentajes de incidencia total que van de 5.71% al 11.42% en el solarizado, 20.66% para el químico y 37.2% en el absoluto. Sin embargo entre

los tratamientos de solarizado no se obtuvieron diferencias estadísticas. Así también se realizaron correlaciones entre incidencia-biomasa e incidencia-rendimiento, dando valores de -0.74 y -0.70 respectivamente.

Tomando como referencia el testigo absoluto, los cuatro patógenos encontrados, fueron reducidos en promedio por los tratamientos de solarizado en porcentajes de: 82.69% Fusarium solani, 73.69% Rhizoctonia solani, 73.06% Fusarium oxysporum y 71.41% Ascochyta spp.

Para el conteo de nematodos se hicieron comparaciones de poblaciones antes y después de solarizar, obteniéndose resultados de reducción de población para algunos géneros en particular como: Meloidogyne, Xiphinema, Longidorus y Trichodorus, en casi todos los tratamientos, no así para la población total encontrada en cada tratamiento, ya que únicamente cuatro tratamientos lograron disminuir las poblaciones totales, siendo estos 8/2.00 en 16.28%, 6/2.00 en 52.94%, 6/1.25 en 77.86% y 4/1.50 en 8.89%. (tiempo/calibre)

En lo referente a malezas, Portulaca oleracea, Amaranthus spp. y Conmelina difusa, se constituyen en malezas de importancia para el solarizado ya que al no ser controladas representan una interferencia en el proceso de desinfestación disminuyendo la transmitancia de radiación al suelo, afectando la humedad y el hermetismo de la cubierta.

Los tratamientos que presentaron el mayor rendimiento medio en orden decreciente son: 8/1.25, 4/1.50, 6/1.25. De donde al realizar el análisis económico, se determinó que el tratamiento de 6 semanas de exposición a la radiación solar-calibre 1.25 milésimas de pulgada, además de ser uno de los que más producción obtuvo, proporciona una Tasa Marginal de Retorno de Q. 18.65, siendo ésta superior a la de los demás.

1. INTRODUCCION

El cultivo de la arveja china se inició en Guatemala hace más de 15 años y actualmente se ha convertido en un cultivo importante de exportación, sembrándose alrededor de 10,000 hectáreas en el altiplano central, exportándose en el período de enero-mayo y octubre-diciembre 1993 11,483.16 toneladas de producto, lo que ha beneficiado a muchos pequeños y medianos productores que se han incorporado a este cultivo (13,15).

La producción de este importante cultivo se ve afectada por la presencia de enfermedades, observándose con bastante severidad el ataque a la raíz por organismos fitopatógenos como los hongos: Fusarium spp. y Rhizoctonia solani, y en menor grado Aphanomyces euteiches, Pythium spp., Ascochyta spp. y nematodos como Rotylenchus y Meloidogyne; estos patógenos han constituido uno de los mayores problemas ocasionando pudriciones, marchitez, clorosis, necrosis y muerte, en porcentajes que van desde un 10% hasta el 100% en casos severos, en plantas de muchas localidades del cultivo, lo cuál se viene a traducir en última instancia en pérdidas económicas considerables. (1,2,3,5,7,12,13,14,17,31).

Tomando en cuenta lo anterior y la importancia que el cultivo ha adquirido en la región del altiplano central, hace que los agricultores apliquen grandes cantidades de fungicidas al suelo incrementando los costos de producción y los porcentajes de residualidad de ciertos productos químicos. En el suelo esto repercute negativamente sobre la microflora y microfauna existentes; así también se tiene un número limitado de productos a emplearse para el tratamiento del suelo y de estos únicamente el Captan posee registro EPA para uso en arveja china; con esto se da poca o ninguna opción de selección tomando en cuenta la conveniencia económica en el control (5,19,28).

En nuestro país se han orientado investigaciones hacia la búsqueda de soluciones para el control de patógenos del suelo en la arveja china (5,11,13), siendo una de ellas el empleo del método de

desinfestación por solarizado, obteniéndose buenos resultados desde el punto de vista económico y de eficiencia en el control de patógenos, la facilidad de ejecución, la ausencia de contaminación ambiental, residualidad química y destrucción de flora y fauna benéfica.

En tal sentido, en el presente trabajo se evaluó el solarizado en el cultivo de arveja china (Pisum sativum L.) durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, en Finca Florencia, Aldea Santo Tomás Milpas Altas, Municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, con el propósito de establecer el tiempo de exposición a la radiación solar óptimo y el calibre de polietileno con mayor efectividad de reducción del inóculo existente en el suelo, así como su relación costo-beneficio y la comparación con el empleo del control químico usualmente utilizado en el cultivo, como una continuación de los trabajos preliminares efectuados y apoyados por CATIE-ICTA-ARF-GEXPRONT-OLEFINAS.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

El método del solarizado ha dado buenos resultados en varios países bajo ciertas condiciones ambientales, de cultivo, de tiempo de exposición, de material de solarizado y para ciertos patógenos en particular.

Todo lo anterior representó, para el caso de la investigación que se realizó, en causas y efectos diferentes por las condiciones distintas de evaluación. Es por esto que se efectuó el estudio de la solarización en acción conjunta de CATIE-ICTA-ARF-GEXPRONT-OLEFINAS, en Finca Florencia, Aldea Santo Tomás Milpas Altas, Municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, en el cultivo de la arveja china empleando tres calibres diferentes de polietileno claro en tres diferentes tiempos de exposición, realizándose la investigación durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, que al igual que los meses de Enero, Febrero y Marzo, se tienen las menores radiaciones solares durante el año en el País. Radicando el problema y la importancia de la investigación, en la falta de conocimiento del resultado que el método de desinfestación por solarizado podía tener para estas condiciones de evaluación y las variantes antes mencionadas, sobre el control de patógenos del suelo que afectan al cultivo de la arveja china, en relación al control químico permitido y comúnmente empleado, para este caso en particular.

3. JUSTIFICACION

La arveja china (Pisum sativum L.), se ha constituido en un cultivo de mucha importancia para Guatemala, a partir de 1,980. Ha generado divisas, que durante el período de enero-mayo y octubre-diciembre 1993 fueron de 40,881,784.29 quetzales; ha generado fuentes de trabajo y se ha constituido en una alternativa económica para los hogares del altiplano (7,15).

Existen varias enfermedades que afectan a la arveja china, ocupando un lugar importante las enfermedades radicales debido a las pérdidas que ocasionan; encontrándose en varias localidades de 10 a 50% y hasta el 100% en casos severos, de plantas con síntomas de amarillamiento y marchitez provocados por hongos del suelo, con la consiguiente merma en el rendimiento y su repercusión en la rentabilidad del cultivo (2,5,7,11,12,13,14, 17,31).

Los efectos de las enfermedades radicales son tan severos que la producción, calidad del producto y extensión cultivada se reducen ostensiblemente.

El empleo del control químico, como método de tratamiento presiembra para hongos del suelo está ampliamente difundido, el cuál en algún momento a dejado de ser funcional por los altos costos implicados, por la especificidad de los productos, su difícil aplicación y la reducción de eficiencia de control por la eliminación de microorganismos antagónicos a los patógenos, la acumulación de residuos de plaguicidas, fitotoxicidad, la reinfestación rápida de los suelos y otros efectos colaterales negativos. Lo cuál ha conllevado a la utilización de un método que supere en forma adecuada las limitantes mencionadas, como sucede con el empleo del solarizado y su combinación con otros métodos de control (2,4,5,6,8,12,18,19,20,21,22,23,24,25,26, 28,33,35,36).

El solarizado como método de tratamiento para el control de hongos del suelo, ha sido evaluado en varios países y en muchos

cultivos con resultados promisorios de control (6,18,19,28), bajo condiciones de completo sol, suelos total o parcialmente sombreados, con nubosidad y en épocas lluviosas (4,5,8,10,17,18,19,20,22,23,24,25,26,28,29,35,36). Sumado a esto se encuentra la ausencia de contaminación ambiental, residualidad química y destrucción de flora y fauna benéfica. Por lo cuál en la presente investigación se evaluó el efecto del solarizado como alternativa de control de patógenos del suelo, en el cultivo de la arveja china, para determinar el mejor tiempo de exposición y calibre de polietileno según su eficiencia en control y su rentabilidad, comparado con el control químico. Durante una época del año de menor radiación solar.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. MARCO CONCEPTUAL

4.1.1. CULTIVO DE LA ARVEJA CHINA

Es una leguminosa originaria de algunas regiones del Mediterráneo y del Africa Oriental que se cultiva por la producción de semilla para consumo, ya sea secas o frescas con cáscara o sin ella (1,7).

Botánicamente se denomina Pisum sativum L. y el tipo de arveja con vainas comestibles se identifica como Pisum sativum saccharatum.

Los tallos de la arveja china son huecos y sus hojas pinnaticompuestas con uno, dos o tres pares de folíolos con un zarcillo terminal, las flores son sencillas y nacen en pares sobre pedúnculos pargos; las ramas no presentan constricciones y las semillas son redondas, lisas o rugosas cuando están secas (1).

Es una planta resistente al clima frío y poco resistente a la sequía, vegeta bien en clima templado-cálido y se adapta a diversos terrenos con preferencia en aquellos de media constitución tendientes a ser sueltos, arenosos y de estructura no compacta (1,7)

La cantidad de semilla empleada, según la variedad y la distancia, oscila de 65 Kg a un máximo de 80 Kg/Ha.

Las variedades de semilla arrugada son más susceptibles a pudriciones causadas por hongos que las variedades de semilla lisa (1).

Las siembras se efectúan de octubre a junio, según la localidad y la variedad empleada, las siembras se hacen en filas simples o dobles (adosadas), con distanciamientos para especies enanas de 1.25 m entre surco y 1.50 m para variedades gigantes. La semilla es colocada cada 0.05 m entre postura (1,7,11).

4.1.1.A. Enfermedades de la raíz causadas por patógenos en arveja:

Existen muchos hongos del suelo que pueden causar enfermedades en plantas. En el caso de arveja china han sido identificados

principalmente dos de ellos: Rhizoctonia solani y Fusarium spp., y en un segundo plano Pythium spp. y Aphanomyces euteiches. Estos hongos son causantes del llamado "mal del talluelo" o "damping off" cuando las plántulas están emergiendo y en plantas adultas pueden causar marchitez, clorosis, enanismo y en casos severos muerte por los mismos (2,3,11,12,17,31). A estos daños se suma el ataque de nematodos (17,31).

4.1.1.A.a. Rhizoctonia solani:

Ha sido considerado de menor importancia, porque a veces las plantas logran recuperarse del daño, pero su principal efecto es que provoca una herida que favorece la penetración de Fusarium spp., al cual se encuentra asociado algunas veces (3,11,13,14).

Las plantas atacadas presentan en sus raíces síntomas inequívocas de la enfermedad. El micelio del hongo que recubre la superficie de estas partes subterráneas es de un color pálido a violáceo en las primeras fases, y rojo violeta pardo al alcanzar un estado avanzado de infección.

Las plantas no desarrollan, se marchitan, y la base del tallo se ve color café oscuro. Al sacar las plantas se observan pocas raíces y colgando de ellas están algunos granitos de tierra, que dan la apariencia de estar sostenidos por una tela de araña (14).

El daño por Rhizoctonia spp. se manifiesta en el hipocotilo como un hundimiento de color marrón, justo en la parte que emerge del suelo. Si el daño se presenta cuando las plántulas son pequeñas (1-2 cm de altura), éstas pueden quebrarse en el punto de infección y morir rápidamente. La mayoría de veces, la infección no es muy severa y las plantas pueden recuperarse aunque se verán afectadas en tamaño, vigor y rendimiento. En las plantas con mayor desarrollo, el hongo afecta las raíces y si la raíz primaria muere, la planta no se recupera lo suficiente para producir el cultivo normal (2,11).

El hongo puede sobrevivir en el suelo indefinidamente en forma saprófita, para lo cuál produce estructuras de descanso llamados esclerocios. Estos fragmentos de hifas germinan cuando las

condiciones de humedad son favorables y penetran los tejidos blandos de las plántulas de arveja, causando infección intra e intercelular degradando los tejidos por acción de enzimas pectonilíticas. La temperatura óptima para la infección se encuentra cerca de 15 a 18° centígrados, pero algunas razas muestran mayor actividad a 35° C. (1,3,11).

4.1.1.A.b. Fusarium spp.:

Existen diferentes especies de Fusarium afectando arveja china siendo las principales Fusarium solani y Fusarium oxysporum. El primero de ellos causa síntomas de necrosis de la corteza en la base de las plántulas, y cuando la infección es severa puede conducir a muerte y pérdida de plantas. Fusarium oxysporum f.sp. pisi está más asociado a marchitez y existen alrededor de seis razas identificadas a nivel mundial, aunque en Guatemala no se han reportado todas (1,2,11,14).

Las plantas se desarrollan débiles, se ponen amarillentas de la base hacia arriba, se marchitan y al arrancarlas se ve el cuello de la raíz de color café o negro, al raspar esta parte aparece una línea de color rojizo. La temperatura óptima para el desarrollo del hongo es de 23 a 28 grados centígrados (14,31).

El sistema radicular aparece normal; sin embargo, cuando se hace un corte longitudinal del mismo se observa una decoloración rojiza a anaranjada en el sistema vascular. Esta decoloración se extiende hasta la base de la planta afectada y es debida a degradación de tejidos por acción enzimática celulolítica del hongo, lo cuál también causa tamponamiento del floema conduciendo a la marchitez y muerte de las planta. En la plantas adultas aparece un amarillamiento progresivo de las hojas de la base al ápice de la planta, siendo muchas veces un amarillamiento unilateral, es decir de un solo lado de las hojas (1,3,11).

4.1.1.A.c. Pythium spp.:

Este hongo se caracteriza por una pudrición blanda acuosa, tendiendo a ser prevalente y más severa cuando la humedad del suelo

es alta y las temperaturas son de 18-24 grados centígrados y casos extremos de 28 grados (17,31).

Varias especies de Pythium, incluyendo P. ultimum, P. splendens, P. debaryanum, P. aphanidermatum, y P. irregulare, han sido descritas como la causa de damping off pre y post-emergente, y pudrición de la punta de la raíz en arveja china (17).

Durante o inmediatamente después de la germinación, la radícula y cotiledónes pueden ser colonizados por el hongo; después cuando las células de los tallos han desarrollado pared secundaria, la infección tiende a restringirse a las puntas de las raíces, donde es atacado el tejido joven, resultando en un truncamiento de la raíz o en gran reducción del largo de las mismas (17). En la raíz se observan en síntomas iniciales, escasas lesiones de color café a lo largo de las partes terminales de las raíces, estas lesiones se alargan hasta la raíz principal llegando ésta encogerse y tornarse de color café oscuro o rojo; la planta se manifiesta clorótica por el poco desarrollo radicular. El atrofia del crecimiento resulta del colapso de las células corticales; el tejido vascular puede llegar a tornarse rojo, extendiéndose hacia arriba de la línea del suelo, las plantas se achaparran y en tiempo caliente pueden marchitarse y morir. El hongo sobrevive como oospora indefinidamente en el suelo (17,31).

Pythium, puede estar formando un complejo de hongos con Fusarium solani f.sp. pisi, Fusarium oxysporum f.sp. pisi razas 1, 2 y 5, y con Aphanomyces euteiches (31).

4.1.1.A.d. Aphanomyces euteiches:

Ataca al cultivo en cualquier estado de desarrollo, concentrándose el ataque en la raíz y base del tallo, causando marchitez de la parte aérea, escaso desarrollo de la planta, sequía de las hojas, clorosis, o muerte prematura (17,31).

La enfermedad se favorece con alta humedad del suelo y temperaturas entre 22 a 28 grados centígrados. Las plantas afectadas tempranamente se ven reducidas en valor (calidad de producto), por tamaño irregular de vainas, maduración variable y

bajo contenido de azúcar (17,31).

La infección temprana ocurre usualmente en las raíces más pequeñas y resultan áreas acuosas, blandas y largas; estas llegan a ser grises, luego amarillentas o rosadas, finalmente se tornan casi negras cuando mueren y se desintegran. Cuando las plantas son jaladas del suelo, filamentos de tejido vascular a menudo permanecen en las raíces debido a la desintegración del cortex. El hongo afecta más raíces laterales y los tejidos de conducción permanecen intactos en la parte superior, no extendiéndose el daño a más de 0.5 cm arriba de la líneas del suelo; un resultado posterior es la poca formación de vainas con pocas semillas. En ataques tardíos se presentan síntomas casi no visibles en la parte aérea y producción normal de arveja (12,17,31).

El hongo sobrevive como oospora en el suelo, permaneciendo viable por más de 20 años. Puede estar en un complejo de patógenos o solo; en el complejo puede estar asociado a Pythium, Pratylenchus, Tylenchorhynchus, y varios virus (17,31).

4.1.1.A.e. Ascochyta sp.:

Es un hongo imperfecto que produce primariamente enfermedad en el follaje del cultivo, pero algunas veces afecta también inflorescencias, tallos jóvenes, frutos e incluso las raíces, al igual que otros hongos de la clase de los Deuteromycetes (2).

Tal es el caso, que se ha encontrado en diferentes evaluaciones realizadas, afectando partes bajas de plantas de Arveja China.

Según Calderón y García (5), fué identificado el hongo Ascochyta sp. en plantas enfermas de arveja china que presentaban amarillamiento, marchitez y necrosis en la base del tallo (cuello de la raíz). Como consecuencia del inóculo existente en el suelo y no en la semilla. Así también Alvarez y García (3), encontraron en un estudio de hongos patógenos que afectan a la arveja china, el hongo Ascochyta sp. aislado de raíces necrosadas de las variedades Melting y Oregon, caracterizado por manchas localizadas de color rojizo en la raíz. Debiéndose la presencia del hongo a la incorporación de rastrojos.

4.1.1.A.f. Nematodos:

Corrientemente numerosas especies de nematodos son relacionados con más de 20 géneros que han sido reportados a estar asociados con el ataque a la arveja y otras leguminosas. Los nematodos de los siguientes géneros han sido reportados como fitoparasíticos en arveja china: Meloidogyne, Nacobus, Heterodera, Ditylenchus, Pratylenchus, Rotylenchus, Paratylenchus, Helicotylenchus, Tylenchorhynchus, Trichodorus, Xiphinema, Hoplolaimus y Longidorus (17,31).

Los daños por nematodos pueden ser agrupados en cuatro categorías generales: daño directo por alimentación, efecto de relaciones sinérgicas con los hongos del suelo, transmisión de virus y efectos negativos sobre Rhizobium spp. (31).

Los síntomas generales de ataque son: pérdida general del vigor de la planta, enanismo, clorosis, marchitez, excesiva ramificación de la raíz, cese de la elongación radicular, pérdida de raíces secundarias, lesiones necróticas, formación de agallas, pudrición de la raíz, y otras condiciones de estrés que reducen en general el tamaño o la salud del sistema radicular (17,31).

4.1.1.B. Métodos de control:

Dentro de los métodos de control utilizados para los problemas fitopatológicos mencionados se encuentran: la destrucción de rastros, tratamiento de la semilla con agua caliente, el encalado, empleo de variedades resistentes, rotación de cultivos, cuidado en el uso de fertilizantes, el uso de productos químicos como: Fosetil Al, PCNB, Carbenidazím, Iprodione, Banrot, Bromuro de metilo, Captan, Aldicarb, Methomyl, Carbofuran, Dazomet, Phenamiphos, y por evaluaciones realizadas en nuestro país, se recomienda como práctica efectiva para el control de patógenos del suelo, la solarización, como método único o combinado con el encalado o el uso de químicos (1,3,5,7,11,12,13,14,17,18).

4.1.2. SOLARIZACION

4.1.2.A. El Solarizado:

Este método ha sido utilizado con éxito en muchos países para reducir la incidencia en el suelo de insectos, nematodos, hongos, malezas, etc. (4,5,6,11,18,28,30,33). Consistiendo en un método de control en el cuál se emplean láminas de polietileno claro para cubrir los suelos, induciéndose un aumento de temperatura por el paso de radiación solar a través de las coberturas plásticas, ocasionando un efecto de invernadero constante en acción conjunta con la humedad del suelo, lo cuál da como resultado una pasteurización que ejerce el control de patógenos, malezas, insectos etc. Esto ha sido empleado durante tiempo variable en época caliente (4,6,20), y en estudios recientes durante época fría e invernal (con nubosidad) (5,8,18,28). Este método ha dado resultados adecuados en nuestro país, en cuanto a control de patógenos y así también ha resultado ser rentable (5).

Con la introducción de esta técnica se ha logrado un control efectivo de muchos patógenos del suelo (6). También es de importancia considerar los efectos benéficos simultáneos sobre las características del suelo en lo referente a fertilidad, aumento de actividad de microorganismos antagónicos a los patógenos de las plantas y el control de muchas malezas (18,28,33).

4.1.2.B. Requerimiento del solarizado:

El método del solarizado tiene cinco requerimientos básicos:

- 1) la cobertura del suelo con el polietileno debe ser completada antes de la siembra (como cualquier otro método de desinfestación del suelo), para evitar daño a las plantas (18). Realizándose coberturas de 2,4,5,6,7 y 8 semanas (4,6,11,20,21,25,26,27,28,29), en los lugares y meses siguientes, según el tiempo de exposición, la época y el cultivo: Berkeley, California, EE.UU, durante enero-julio y diciembre. Riverside, California, EE.UU, de julio a diciembre. Tucson, Arizona y Weslaco, Texas, EE.UU, en abril, junio-octubre. La Alberca, Murcia, España y Rehovoto,

Jerusalem, Israel en julio-septiembre. Alajuela, Costa Rica durante octubre y noviembre (4,6,10,11,19,20,21,24,25, 26,27,28,29,30).

- 2) El suelo durante la cobertura tiene que mantenerse húmedo para incrementar la sensibilidad termal del resto de estructuras del suelo y mejorar así la conducción del calor (19,33). Para lo cuál se recomienda llevar el suelo a capacidad de campo para trasladar el efecto del solarizado a mayores profundidades por la conducción del calor de agua (4,6,10,18,20,28); realizando esto de 1 a 4 días antes de efectuar la cobertura del suelo (8,10,19,26), ya que el suelo es pobre conductor del calor y tiene relativamente una alta capacidad termal que varía 0.27-0.80 cal/g/°C., además en presencia de agua se requiere de menos energía para desdoblar las cadenas de péptidos de las proteínas en hidratación, lo cual afecta rápidamente en los patógenos (19).
- 3) Preparación adecuada del terreno para evitar que hayan agregados grandes que den mayor espacio entre ellos y se disminuya la capacidad conductora del calor del suelo por esto (28,33). Al colocar el plástico hay que tener especial cuidado de colocarlo cerca del suelo y prevenir la formación del bolsas de aire, las cuáles reducen la conducción del calor (21,33).
- 4) El control debe extenderse en tiempo, para lograr un ataque más efectivo de los patógenos de las capas más profundas, donde las temperaturas se esperan a ser menores (18,28).
- 5) El polietileno transparente debe ser usado cuando sea posible porque el material es relativamente barato, aún para el calentamiento del suelo (5,18,25).

4.1.2.C. Principios del solarizado:

- a. debe ser usado polietileno transparente y no de otro color, ya que es el transparente el que transmite la mayor cantidad de radiación solar que calienta el suelo (19).
- b. la cobertura del suelo debe ser llevada a cabo durante

períodos de altas temperaturas e intensa radiación solar (18). Pero recientemente se han obtenido buenos resultados durante períodos con nubosidad y suelos total o parcialmente sombreados (5,19,28).

- c. el suelo debe mantenerse húmedo durante la cobertura de solarización para incrementar la sensibilidad termal del suelo, del resto de estructuras y mejorar la conductividad del calor (19).
- d. el polietileno más delgado como sea posible debe ser usado ya que este es más barato y de algún modo el más efectivo en el calentamiento, debido a la mejor transmitancia de radiación que los más gruesos (19).
- e. debido a que las temperaturas de las capas más profundas son menores que las superiores, para actuar en las primeras (profundas) se necesitará de una mayor período de exposición, en el orden de lograr el control de los patógenos a las profundidades deseadas (18,19,28).

4.1.2.D. Polietileno claro y sus características:

El polietileno, uno de los materiales plásticos más importantes usados en la agricultura, fué introducido en la escala comercial en 1,939. Las características que han permitido la diseminación de su uso son: su bajo costo, su fácil proceso, excelente resistencia química, su reflexión y flexibilidad, libre de olor y toxicidad, baja permeabilidad al vapor de agua y la existencia de capas delgadas y transparente. Su densidad es cerca de 0.92 g/cm^3 . Este es grandemente transparente a la luz en el espectro de $0.4\text{-}36 \mu\text{m}$, excepto por dos bandas de absorbanca cerca de 7 y $14 \mu\text{m}$ en el espectro infrarrojo (19).

El polietileno reduce el calor por convección y la evaporación del agua del suelo a la atmósfera, también es muy poco permeable a los gases que se producen por calentamiento del suelo y que juegan un papel importante en el control de patógenos (19,29).

Los calibres o gruesos de las láminas u hojas de polietileno usados con buen resultado son de: $25\mu\text{m}$ (1 mil*) (19,26,35,36), $30\mu\text{m}$

(1.1811 mil*) (8,19,26), $51\mu\text{m}$ (2.0079 mil*) (8,10,23,26), $100\mu\text{m}$ (3.9370 mil*) y $150\mu\text{m}$ (5.9055 mil*) (4,26), y de $200\mu\text{m}$ (7.8740 mil*) (28). (mil* = milésima de pulgada)

4.1.2.E. Producción de calor:

- La temperatura del suelo varía de acuerdo a un ciclo diurno dentro de un ciclo anual; como cualquier otro período arbitrario esta en función del tiempo, frecuencia de radiación, temperatura de la superficie del suelo y la intensidad de la radiación (8,19).
- El calor es debido a la eliminación de la evaporación en un 80%, a la convección de calor durante el día y parcialmente al efecto de invernadero proporcionado por la capa de polietileno (10,19,21).
- Como resultado de la formación de gotitas de agua en el interior de la superficie de la capa de polietileno, su transmitancia de radiación de onda larga es grandemente reducida, resultando en un mejor calentamiento debido a un incremento en el efecto de invernadero (19).
- En términos generales una onda de temperatura viaja en el suelo de 2 a 3 cm/hora y con una difusión termal de 0.1-0.01 cm^2/seg . En promedio en un área de 1 cm^2 de la atmósfera de la tierra paralela a la superficie del suelo recibe 2 $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{minuto}$ (constante solar) de energía en la forma de radiación solar pero únicamente cerca de la mitad alcanza la tierra (19).
- La energía es perdida del suelo en forma de radiación de onda larga (dependiendo del vapor de agua y las nubes) a través de conducción y evaporación del agua (19).
- El calor que penetra la superficie del suelo es almacenado en el suelo, y en la noche cuando el gradiente termal sujeto al régimen de temperatura a una profundidad, es invertido, este se pierde otra vez resultando en un ciclo reversible en la dirección del flujo de calor (19).
- La radiación global, compuesta de radiación solar de onda

corta (0.2-4 μ m) y onda larga de radiación atmosférica (4-80 μ m), es la fuente primaria de energía para el calentamiento de los suelos. La mayor parte de la energía es transmitida al suelo; sin embargo alguna no es absorbida por el polietileno y es reflejada hacia la atmósfera. El calentamiento de los suelos incluye en adición a la intensidad de radiación solar, factores como temperatura y humedad del aire, velocidad del viento y las características del suelo como color, humedad y textura (19).

4.1.2.F. Temperaturas y profundidades de desinfestación:

En la práctica, las poblaciones de patógenos del suelo son grandemente reducidas a temperaturas de 35 a 50 grados centígrados, en exposiciones que van desde minutos hasta horas para altas temperaturas y de días hasta semanas para las temperaturas más bajas. Rango de temperatura que estará variando desde la superficie hasta 30 cms de profundidad (19).

Temperaturas logradas con el solarizado son las siguientes: a 5 cms de profundidad, 42, 50, 52, 55, 60°C. (10,18,19,21); a 10 cms de profundidad, 40.6, 42.8, 46, 51.7, 53.3°C. (21,36); a 20 cms, 36, 37.5, 40, 42, 45°C. (6,10,18,19,24,29); a 30 cms, 35.1, 36, 37, 38.3, 39.2°C. (6,25,29,34) y a 40 cms, 34.8, 38°C. (29).

Las temperaturas en los suelos no solarizados han diferido de los suelos solarizados, de 7 a 12 grados centígrados menos (10,19,29,35,36).

4.1.2.G. Cultivos y patógenos para los que se ha empleado el solarizado:

El solarizado ha sido practicado en diferentes cultivos, para diferentes patógenos del suelo, con resultados diferentes de efectividad como a continuación se describe.

Verticillium dahliae, se ha controlado en los cultivos de la nuez, papa, berenjena, tomate, tabaco, decíduos, algodón y repollo; con porcentajes de reducción de incidencia de 25 a 100% (4,18,19,20,21,25,35). Pythium spp., se ha controlado en la nuez,

decídúos, algodón, repollo; con reducción de incidencia de 58-98% (4,20,25,35,36). Sclerotium rolsfii, en cultivos de papa, cebolla, algodón, arveja china, repollo y arroz; con incidencia reducida de 80-100% (5,18,19,20,23,25,28). Fusarium oxysporum y Fusarium spp., en tomate, cebolla, algodón, arveja china, sandía y repollo; con 94-100% de reducción de incidencia (5,18,19,20,21,25,27,28,29,30). Nematodos como Pratylenchus thornei, en cultivos de berenjena, papa, algodón, zanahoria y frijol; con reducción de poblaciones de 80 a 100% (18,19,20,26), y en cultivos de almendra, durazno, uva, nogal, alfalfa, remolacha azucarera, ciruela y tomate fueron reducidos de 42-100% los nematodos Meloidogyne, Heterodera, Paratrichodorus, Criconemella, Helicotylenchus, Pratylenchus, Xiphinema y Paratylenchus (34).

4.1.2.H. Ventajas y limitaciones del solarizado:

-Ventajas:

- a. favorece el crecimiento de las plantas al influir en la fertilidad de los suelos (8).
- b. destruye parásitos de plantas, aún no conocidos (8,19).
- c. favorece el crecimiento de organismos benéficos, es decir que es menos detrimental del equilibrio biológico del suelo (8,19,21).
- d. mejora los agregados del suelo (8).
- e. es un método de desinfestación económico y ambientalmente seguro (10,18,19,21).
- f. controla un alto número de patógenos del suelo y malezas (19,21,24).
- g. no requiere de maquinaria sofisticada para su aplicación en áreas relativamente pequeñas (19,21).
- h. su bajo costo permite que se extienda a diversos cultivos (6,19,21,24).
- i. reduce riesgos de fitotoxicidad por las altas temperaturas, liberando del suelo compuestos tóxicos para las plantas y no existe acumulación de residuos químicos (8,18,19,21).
- j. el método tiene las características de un control integrado,

porque ambos mecanismo, físico y biológico están envueltos y porque una variedad de patógenos y malezas son controlados (18,19).

- k. tiene un efecto termal desinfestante de largo tiempo (19).
- l. se puede alternar satisfactoriamente con otros métodos de desinfestación del suelo (5,8,10,18,19,21).

-Limitaciones:

- a. en áreas extensas necesita de maquinaria para su aplicación (18).
- b. su uso es limitado para regiones donde el clima es adecuado y el suelo está libre de cultivo por lo menos durante un mes de espera para la siembra (18,19).
- c. es muy costoso para algunos cultivos (18,19).
- d. limitaciones teóricas como: tolerancia al calor por los patógenos al aplicarlo repetidas veces; por la eliminación de antagonistas de los patógenos por el calor; a priori se asume que efectos negativos son posibles con cualquier método de desinfestación del suelo (19).

4.1.2.I. La producción con el uso del solarizado:

Incrementos en la producción, en el peso seco o fresco, y altura de planta, se han logrado a través del empleo de este método de desinfestación. Como por ejemplo en tomate se ha dado un incremento en peso seco de 56%, en pimienta de 38% y en frijol de 41%. Teniéndose también 44% de incremento en la producción de fresa (8). En papa de 35%, algodón 40-70%, nuez de 42-146%, cebolla de 60-125%, tomate de 100-245% y en berenjena de 215% (19).

Incrementos en peso fresco se han obtenido de 3.5 a 4.7 más veces que en experimentos donde no se uso el solarizado; remolacha azucarera, 0.6 a 5 veces; en rábano y fresa 61% más; y en otras frutas no citadas hasta el 44% de incremento en peso fresco (35).

4.1.2.J. efectos laterales del solarizado:

4.1.2.J.a. En el suelo y sus características:

Muchas sustancias que aparecen naturalmente en el suelo son

conocidas como fungistáticas, las cuáles se acumulan en mejor forma bajo el polietileno para actuar sobre los patógenos (4). Se ha logrado con el solarizado un incremento en macro y micro elementos nutrientes en la solución del suelo, destrucción de materiales fitotóxicos acumulados en el suelo, mejora los agregados del suelo (4,8,25).

Se han reportado incrementos grandes en la concentración de nitratos, menores de amonio, así también se incrementaron los elementos Cl^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; similarmente los extractos saturados del suelo y la conductividad eléctrica, los cuáles están en función de la concentración total de sales solubles. Los valores de pH no fueron afectados como para el caso de NaHCO_3 -extractable y el fósforo (8,18).

Se han obtenido incrementos de NO_3^- y NH_4^- como resultado de la descomposición de la materia orgánica e incrementos en el contenido de materia orgánica soluble. En comparación con suelos no tratados con solarizado, se han obtenido aplicándolo 2 a 4 veces más materia orgánica soluble, no obstante los valores de materia orgánica total del suelo han sido similares (8,18).

4.1.2.J.b. Sobre las malezas:

La mayoría de malezas anuales y muchas perennes han sido efectivamente controladas, incluyendo especies de los siguientes géneros: Amaranthus, Anagallis, Avena, Capsella, Chenopodium, Cynodon, Digitaria, Eleusine, Fumaria, Lactuca, Mercurialis, Montra, Notobasis, Phalaris, Poa, Portulaca, Sisymbrium, Solanum, Stellaria, y Xanthium. Muchas gramíneas son especialmente sensitivas al tratamiento (18,20,25,28,29).

En experimentos de solarización las poblaciones de malezas fueron reducidas de 60 a 100%; 90-95% de pastos bermuda, rizomas de pastos johnson (20,25). El control de malezas ha resultado satisfactorio aún bajo condiciones de nubosidad (25).

4.1.2.J.c. Sobre saprófitos y otros organismos:

El solarizado elimina parásitos aún no conocidos, estimula el crecimiento de mycorrizas y otros organismos benéficos como Rhizobium spp. (8,26). Poblaciones de antagonistas se incrementan por el enriquecimiento del medio debido a la debilitación o muerte de las células de los patógenos, como por ej: Trichoderma spp. y Bacillus sp. (10,19).

Se han reportado incrementos de bacterias del tipo estreptomyces que reducen patogenicidad y poblaciones de los patógenos del suelo (19). Especies saprofíticas se han incrementado de 3 a 4 veces y hasta 8, las cuáles ayudan a la descomposición de la materia orgánica. Así también a controlado el ataque de plantas parásitas como Orobanche spp. (18,25).

4.1.2.K. Mecanismos que operan para el control biológico:

- a. reducción parcial o total por fungistasis, la cuál mantiene los patógenos en un estado de resistencia pasiva o inactiva (18,20,21).
- b. exposición de los microorganismos patógenos a microorganismos líticos y a otros factores detrimentales del suelo después de la eliminación por fungistasis (18,19,20,21,26,29).
- c. temperaturas sub-letales pueden mantener débiles el resto de estructuras de patógenos, dejándolos vulnerables a la microflora antagónica (18,19,20,21,25).
- d. creación de un cambio en las poblaciones microbiales del suelo en favor de los saprófitos resistentes al calor, los cuáles dan protección de la reinfestación por largo tiempo (18,20,21,22,25,29).
- e. estimulación de microorganismos antagónicos del suelo, que están directamente afectando los patógenos por parasitismo, competencia, lysis, antibiosis (18,19,29,35).
- f. al mantener débiles los propágulos habrá un bajo potencial de inóculo y una corta longevidad debido a la poca germinación o crecimiento, reduciendo el número y longitud

de la germinación del micelio de un propágulo multicelular; reduce la capacidad de producción de enzimas, ruptura en las membranas celulares y fugas de nutrientes de éstas células (19,29).

- g. control biológico sobre el hospedero debido a protección cruzada (19).

4.1.2.L. Duración del efecto de solarización:

El control ejercido por la solarización en diferentes campos de cultivo se ha extendido con resultados satisfactorios hasta un año después, sin evidenciar reinfestación (19,22,25).

El crecimiento de Fusarium spp. fue deprimido, y la producción incrementada en los cultivos de sandía y algodón por 2 y 3 años respectivamente, después del tratamiento (20,25).

4.1.3. FUNGICIDA A EVALUAR

4.1.3.A. Captan: (Orthocide)

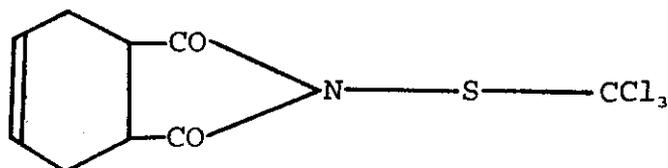
Su nombre comercial es Orthocide 50% polvo mojable. Ofrece un control amplio de enfermedades, sin dañar el follaje y sin debilitar las plantas. Fomenta una mayor producción de carbohidratos y almacenamiento de los mismos en los tejidos de las plantas. Controla los patógenos que causan el mal del talluelo (Fusarium, Phytophthora, Pythium, Rhizoctonia) aplicando Orthocide 50% PM como fungicida tanto como tratamiento de semilla como al suelo. Captan (Orthocide) se presenta en forma sólida, es cristalino-blanco a amarillo-crema cuyo punto de fusión se encuentra a los 172 grados centígrados (puro).

Nombre común: Captan

Nombre comercial: Orthocide, Captan

Nombre químico: N, triclorometiltio-tetra-hidroftalimida

Estructura química:



(1)

4.2 MARCO REFERENCIAL

En el país los trabajos experimentales efectuados en relación al solarizado son pocos, orientándose más que todo al control de patógenos del suelo y a cultivos como la Arveja China y semilleros de algunos cultivos que lo requieren, como en el Café. Pero dentro de estos a la Arveja China se le puede considerar como el primer cultivo con evaluación más científica y con mayor información hasta el momento.

De los resultados obtenidos en estos trabajos preliminares efectuados en el altiplano central del país impulsados por CATIE-ICTA-ARF-PDA-GEXPRONT, se tienen buenos resultados en la eficiencia de control de patógenos del suelo como Fusarium spp. y Rhizoctonia solani, y adecuada rentabilidad en relación a la aplicación de cal y Bromuro de Metilo. Lo cuál únicamente ha sido probado en un época (de mayor radiación solar), con un tiempo de exposición (6 semanas) y un calibre de polietileno (1.25 milésima de pulgada (3)).

En cuanto a trabajos efectuados en otros países, se tienen varias referencias de evaluaciones en países como Israel, España, Estados Unidos y Costa Rica (4,8,13,16,19,23,24,25,26,27,33). Trabajos en los cuáles se han hecho evaluaciones para diferentes cultivos y patógenos del suelo como: Verticillium, Fusarium, Rhizoctonia, Macrophonima, Sclerotium, nematodos y otros (4,20,23,24,26,27,28,29,30,34). Para el control de malezas, el efecto sobre la fertilidad del suelo y la respuesta de incremento al crecimiento de las plantas, se han evaluado también diferentes calibres de polietileno, tiempos y épocas de exposición a la radiación solar, y los cambios de temperatura a diferente profundidad (4,6,10,18,19,20,21,22,23,24,25,26,28,33,35,36).

Modelos para predicción de la temperatura en determinados lugares, para aplicar el tiempo adecuado de exposición según el patógeno a controlar (8), bajo enmiendas del suelo con residuos del cultivo y los beneficios de esto (27,29,30).

5. OBJETIVOS

GENERAL:

Establecer la eficiencia del solarizado para el control de patógenos del suelo que afectan al Cultivo de la Arveja China (Pisum sativum L.).

ESPECIFICOS:

- Establecer el tiempo de exposición a la radiación solar con mayor control de patógenos del suelo que afectan al cultivo.
- Establecer el calibre de polietileno que presenta el mayor control de patógenos que provocan enfermedades radiculares y su relación costo-beneficio.

6. HIPOTESIS

La solarización es efectiva para el control de patógenos del suelo que afectan la arveja china, por lo cuál al menos un tiempo de exposición a la radiación solar y un calibre de polietileno claro resultan efectivos para dicho control.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. AREA EXPERIMENTAL

7.1.1. Localización y características:

El estudio se realizó en Finca Florencia, Aldea Santo Tomás Milpas Altas, del Municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez (figura 4"A" del apéndice).

Dicha aldea se encuentra localizada a 46 Km de la capital, a 7 Km de la cabecera departamental y a 4 Km de la cabecera municipal. La Finca se localiza a 1.5 Km de la Aldea.

Geográficamente se ubica entre las coordenadas 14°33'20" Latitud Norte, 90°40'15" Longitud Oeste, con altitud de 1,990 msnm (16).

La zona de vida del sitio mencionado corresponde a la de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, representado por **bm-MB**. Con temperaturas que van de 15 a 23° centígrados. El patrón de lluvias varía entre 1,057 mm y 1,588 mm, con un promedio de 1,344 mm de precipitación anual, distribuidos en los meses de Mayo a Octubre principalmente (9).

Simmons (32), indica que los suelos del área corresponden a la serie de suelos Cauqué, que se ubica en el grupo de suelos de la Altiplanicie Central, del subgrupo A, los cuáles poseen las siguientes características:

- a. material madre ceniza volcánica pomácea de color claro;
- b. relieve fuertemente ondulado a inclinado;
- c. drenaje interno bueno;
- d. suelo superficial color café muy oscuro;
- e. sub-suelo color café amarillento oscuro;
- f. textura y consistencia franca friable, espesor aproximado del suelo superficial 20-40 cm;
- g. relieve dominante 10-15%;
- h. drenaje a través del suelo regular;
- i. capacidad de abastecimiento de humedad regular;
- j. problemas especiales en el manejo del suelo, combate de erosión y mantenimiento de materia orgánica (32).

7.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

- a. Semilla de Arveja China, Variedad Oregon Pod Sugar II, variedad de porte enano distribuída ampliamente en Sacatepéquez y Chimaltenango por las empresas exportadoras.
- b. Láminas de polietileno transparente (ecocontrol) calibres:
 - 0.03175 mm (1.25 milésima de pulgada) (comúnmente empleado)
 - 0.03810 mm (1.50 milésima de pulgada)
 - 0.05080 mm (2.00 milésima de pulgada)
 se emplearon dos calibres más del usado comúnmente, para ver su efecto y el costo de su empleo según beneficio.
- c. Producto químico Captan, como comparador químico, a razón de 6 Kg/Ha.

7.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

- 7.3.1. Para la realización del estudio se empleó un diseño de bloques al azar con 11 tratamientos y cuatro repeticiones, el tamaño de la unidad experimental fué de 18.75 m², en donde se hicieron tres surcos de 5 m de largo, dejando una distancia de 0.05 m entre plantas y 1.25 m entre surcos.

7.3.2. Modelo estadístico:

El modelo estadístico que se empleó fué:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Referencias:

Y_{ij}	=	Variable de respuesta
μ	=	Media general
T_i	=	Efecto del i...ésimo tratamiento
B_j	=	Efecto del j...ésimo bloque
ϵ_{ij}	=	Error experimental en la ij...ésima unidad experimental

7.3.3. Descripción de los tratamientos:

Los tratamientos utilizados consistieron en los calibres de láminas de polietileno transparente (producto ecocontrol), los cuáles fueron expuestos a tres diferentes tiempos de solarización para el suelo. El empleo de un testigo químico para la comparación con este método de desinfestación del suelo por radiación solar, que para el efecto fué el Captan, el único producto con registro EPA para arveja china como tratamiento del suelo, y un testigo absoluto.

Cuadro 1: Descripción de los tratamientos empleados en el experimento. Finca Florencia 1994.

Tratamiento	Tiempo de exposición	Mat. de desinfestación
1	8 semanas	1.25 mil*
2	8 semanas	1.50 mil*
3	8 semanas	2.00 mil*
4	6 semanas	1.25 mil*
5	6 semanas	1.50 mil*
6	6 semanas	2.00 mil*
7	4 semanas	1.25 mil*
8	4 semanas	1.50 mil*
9	4 semanas	2.00 mil*
10	-----	Captán**
11	-----	Testigo absoluto***

* Calibre de polietileno en milésimas de pulgada.

** Al momento de la siembra, dosis de 6 Kg/Ha.

*** Sin control.

El solarizado fué realizado antes de efectuar la siembra. En el caso del producto químico este se aplicó al momento de la siembra con regadera en dosis de 6 Kg/Ha, a razón de 3.75 g de Captan en 3 lts de agua por surco de 5 m de largo (11.25 g de Captan/15 m de tres surcos de la unidad experimental). Para lo cuál se aplicó la mitad de la solución por surco cuando se elaboró el camellón de siembra, al fondo del mismo; luego se cubrió con tierra parte del surco, se colocó la semilla, se tapó ésta y la mitad faltante de la solución se aplicó sobre la línea de siembra en el camellón, de acuerdo a las dosis mencionadas. Así también dentro de

los tratamientos se incluyó un testigo absoluto, al cuál no se le aplicó ningún producto, ni lámina de polietileno.

7.3.4. Variables evaluadas:

7.3.4.1. Incidencia de la enfermedad:

Para esto se efectuaron lecturas semanales del número de plantas infectadas por patógenos del suelo. Las lecturas se realizaron en el surco central de cada unidad experimental, a partir de los 40 días hasta los 85 días después de la siembra del cultivo, ya que es en este intervalo de tiempo cuando se ponen de manifiesto los síntomas del ataque de patógenos del suelo y cuando más daño pueden ocasionar al cultivo.

Para cada parcela experimental se contó el número total de plantas y se obtuvo un promedio para estandarizar el número de plantas por parcela y referir a este la incidencia de cada tratamiento; en cada lectura de incidencia se eliminaron las plantas contadas para evitar errores de conteo posteriores. Los datos de cada lectura de incidencia se acumularon para que al final se obtuviera una incidencia acumulada.

En cada muestreo para incidencia se tomaron muestras de plantas enfermas para establecer el agente causal de las enfermedades encontradas. El criterio para considerar una planta enferma fué el de la observación de síntomas como: clorosis, marchitez, necrosis, atrofia en el crecimiento o muerte, así como los análisis de laboratorio. Para determinar la incidencia de la enfermedad se utilizó la fórmula siguiente:

$$\%I = \frac{\text{No. de plantas enfermas}}{\text{No. total de plantas/unidad o parcela exp.}} \times 100$$

Con los datos de incidencia acumulada obtenidos en cada unidad experimental, se elaboraron curvas de progreso, con los porcentajes

de incidencia; para tener idea del comportamiento de las enfermedades radicales durante el ciclo de cultivo en cada tratamiento en particular.

7.3.4.2. Conteo de Nematodos:

Para esta variable se consideraron dos muestreos. El primero se realizó antes de la solarización según tiempo de exposición de cada tratamiento, ya que se hizo escalonada la colocación de plásticos realizándose primero la de 8 semanas, luego de 6 y 4 semanas respectivamente. El segundo muestreo al finalizar la solarización.

Para ambos muestreos se obtuvo una muestra compuesta proveniente de 12 muestras simples de cada tratamiento (3 muestras simples por unidad experimental) en las cuatro repeticiones, para así tener un total de 10 muestras compuestas (de los 9 tratamientos de solarizado y un absoluto) por cada muestreo. De donde se estableció para cada muestra en cada muestreo, la cantidad de nematodos fitoparasíticos y sus géneros. Los análisis de estas muestras fueron efectuados en el laboratorio de la Rhone Poulenc (ver apéndice, resultados de análisis nematológico)

7.3.4.3. Biomasa:

Esta determinación se efectuó a los 65 días después de la siembra, momento de la floración, en el cuál se tiene la máxima acumulación de materia seca (biomasa). Para esto se tomaron de cada unidad experimental en sus tres surcos, dos plantas por surco, para obtener 24 plantas por tratamiento (6 plantas por unidad experimental en cada bloque o repetición). Luego con los pesos fresco y seco de las plantas colectadas, se calculó el porcentaje de materia seca por diferencias de pesos y la relación del peso seco con respecto al peso fresco (100%). Este dato sirvió para comparar el efecto de los tratamientos en el incremento de biomasa en las plantas, considerando el factor de sanidad y la afección de los patógenos del suelo, por una infección latente.

7.3.4.4. Malezas y Humedad:

Para ambos casos se tomaron muestras luego de retirar las cubiertas plásticas. Para malezas se colectaron las diferentes encontradas en las unidades experimentales de solarizado y malezas de los testigos. Lo cuál sirvió para establecer que malezas limitó en su desarrollo el solarizado, debajo del plástico y las que no, y que constituyeron problema en el proceso del método. La humedad se determinó de muestras de cada unidad experimental, luego de mezclarse y enviarlas al laboratorio por tratamiento, con el fin de establecer la humedad que cada tiempo de solarización preservó en la cobertura del suelo.

7.3.4.5. Rendimiento en Kg por Ha:

Total de vainas de arveja china para corte y su peso en Kg/tratamiento; para lo cuál se cosecharon los surcos centrales de cada parcela experimental.

7.4. ANALISIS DE DATOS:

7.4.1. Análisis de varianza a:

- a. porcentajes de incidencia total de enfermedades radicales, transformados por la fórmula de **arcoseno** de la raíz del **porcentaje de incidencia/100**.
- b. rendimiento bruto en Kg/Ha.

En el caso que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable incidencia, se realizó prueba de medias, empleando la prueba de Tukey para comparar el efecto de los diferentes tratamientos en el experimento.

7.4.2. Correlaciones de variables:

- a. entre Incidencia y la biomasa.
- b. entre Incidencia y el rendimiento.

7.4.3. Análisis económico a los tratamientos evaluados:

- Análisis Marginal:
- a) Presupuesto parcial
 - b) Análisis de dominancia
 - c) Tasa marginal de retorno

7.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El manejo del cultivo se llevó a cabo utilizando productos recomendados por EPA y la Gremial de Exportadores de Productos no tradicionales.

7.5.1. Preparación del terreno:

El terreno se preparó con dos meses antes de efectuar la siembra. En cuanto al riego que debe de darsele al suelo antes de colocar las cubiertas, no se le proporcionó ya que el suelo se encontraba con un contenido adecuado de humedad, por efecto de las últimas lluvias del invierno. Luego se instalaron las cubiertas plásticas correspondientes, según el calibre y el tiempo de exposición. La preparación del terreno se realizó en forma mecánica y la elaboración de los camellones se hizo manualmente.

7.5.2. Solarizado:

Las primeras instalaciones de cubiertas plásticas correspondieron a los tratamientos de mayor tiempo de exposición a la radiación solar, para tener así una instalación escalonada y con esto una uniformidad posterior en el desarrollo del cultivo, al realizar las siembras a una misma fecha. El recubrimiento con las láminas de polietileno (47 pulgadas de ancho= 1.20 m, y 13m de largo), se hizo únicamente para el camellón de siembra, enterrando los extremos sobrantes para lograr un tratamiento lo más hermético posible. Las cubiertas plásticas fueron removidas un día antes de efectuar la siembra, y en este día se hizo el muestreo de nematodos, toma de muestras para la determinación de humedad y especies de malezas encontradas.

7.5.3. Tratamiento químico:

Luego de removerse las cubiertas plásticas, se aplicó el tratamiento químico con Captan, como se explicó en la descripción de los tratamientos a emplearse (inciso 7.3.3).

7.5.4. Siembra:

La siembra se efectuó en los camellones, los cuáles se encontraban separados a 1.25 m, actividad que se realizó a mano poniendo una semilla por postura a cada 5 cm de distancia. El número promedio de plantas por unidad experimental en el surco central fué de 127 plantas.

7.5.5. Fertilización y aplicación de plaguicidas:

Se efectuaron tres fertilizaciones, las primera al momento de la siembra con un fertilizante de fórmula completa en dosis de 18 quintales/Ha; la segunda con nitrato de calcio, a los 30 días después de la siembra, y la tercera al momento de la floración usando nitrato de potasio; estas ultimas fertilizaciones se hicieron a razón de 9 quintales/Ha. Así también se aplicó un regulador de crecimiento a razón de 10 g/cuerda.

Para controlar ataque de ascochyta se aplicó Cobre y Ferbam; para mildiu una sola aplicación de Ridomil.

Para el ataque de trips se aplicó Endosulfan, Diazinon, y Malathion; para pulgones Dimetoato.

7.5.6. Control de malezas:

Para esta labor cultural se realizaron dos limpiezas manuales.

7.5.7. Tutorado:

Al momento de elaborar los surcos se colocaron los postes de bambú a distancia de 5 m sobre el surco, y en los extremos de cada surco; así también se colocó pita o rafia, primero a 15 cm del suelo y luego a cada 20 cm de la primera pita de acuerdo al desarrollo del cultivo.

8. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la investigación. Su presentación se divide en tres partes, de acuerdo a las variables consideradas. En la primera parte se encuentra la incidencia y conteo de nematodos, variables principales de evaluación del solarizado. La segunda parte describe las variables secundarias y la última hace referencia a la parte económica de los tratamientos evaluados.

8.1. Incidencia:

De los seis muestreos realizados durante la época de manifestación de los síntomas de las enfermedades radiculares en el cultivo (40 a 85 días después de siembra), se obtuvo el número total de plantas enfermas por patógenos radiculares por tratamiento (cuadro 10"A" del apéndice). Dando lugar estos datos a los porcentajes de incidencia, mostrados en el cuadro 11"A" del apéndice.

Con los datos mencionados anteriormente se efectuó un análisis de varianza previamente transformada la incidencia mediante la fórmula $\text{Arcoseno } \sqrt{\%}/100$ para cada porcentaje (Cuadro 12"A" del apéndice); éste análisis es presentado a continuación.

Cuadro 2: Análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de enfermedades radiculares transformados mediante $\text{Arcoseno } \sqrt{\%}/100$.

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
Bloque	3	191.07	63.69	5.385		
Tratam.	10	1695.90	169.59	14.339	2.16*	2.98**
Error	30	354.82	11.83			
Total	43	2241.80				

C.V.: Coeficiente de variación = 16.82%

*, ** Hay diferencias significativas y altamente significativas

El análisis de varianza de los datos transformados mostró diferencias entre tratamientos. Esto nos indica que no todos los

tratamientos proporcionan un grado de control de enfermedades radicales en Arveja China, estadísticamente igual.

Por tal razón se realizó una prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para comparar las medias de los tratamientos empleando los datos originales. Presentándose diferencias significativas entre tratamientos de solarizado, el tratamiento químico y el testigo absoluto, lo cual dió tres categorías y ninguna diferencia estadísticas entre los diferentes tratamientos de solarizado. El coeficiente de variación (C.V. = 16.82%) indica que el experimento estuvo bien manejado.

Cuadro 3: Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de incidencia de enfermedades.

Tratamiento	Medias originales	Interpretaciones*
8/1.25	5.71	a
8/2.00	8.46	a
6/1.25	9.05	a
4/1.25	10.23	a
4/1.50	10.23	a
8/1.50	10.83	a
6/1.50	10.83	a
4/2.00	11.22	a
6/2.00	11.42	a
T. Químico	20.66	b
T. Absoluto	37.20	c

* Letras iguales corresponden a tratamientos en los cuales no existe diferencia estadísticamente significativa.

8, 6, 4/2.00, 1.50, 1.25
semanas/calibres

Las diferencias anteriores pueden también ser observadas considerando cada patógeno por separado por tratamientos (solarizado, químico y absoluto). En el cuadro 4 se dan los porcentajes totales de cada uno de los patógenos encontrados en las plantas enfermas de Arveja China.

Cuadro 4: Porcentajes totales de incidencia por patógeno y por tratamiento, en el cultivo de Arveja China.

Tra^\pat	% Fo	% Fs	% R	% As	% Total
8/2.00	1.77	0.39	5.12	1.18	8.46
8/1.50	3.54	0.39	4.92	1.97	10.82
8/1.25	0.59	0.39	3.35	1.38	5.71
6/2.00	1.77	0.59	6.50	2.56	11.42
6/1.50	2.95	0.20	5.71	1.97	10.83
6/1.25	2.95	0.59	4.13	1.38	9.05
4/2.00	1.38	0.59	6.69	2.56	11.22
4/1.50	2.95	0.20	4.13	2.95	10.23
4/1.25	1.18	0.98	3.74	4.33	10.23
T.QQ	6.69	1.57	8.66	3.74	20.66
T.Abs.	7.87	2.76	18.70	7.87	37.20

% Fo = Fusarium oxysporum
 % Fs = Fusarium solani
 % R = Rhizoctonia solani
 % As = Ascochyta spp.

De acuerdo al cuadro 4 puede notarse que la mayor cantidad de inóculo presente correspondió a Rhizoctonia solani debido a las condiciones presentes durante el período de trabajo y que favorecieron su desarrollo (baja humedad) (1,2,17). Luego Fusarium oxysporum y Ascochyta spp., y en menor proporción Fusarium solani.

De estos porcentajes es importante mencionar que la reducción de inóculo de cada patógeno para el caso de los tratamientos de solarizado fué en promedio de: 82.69% para Fusarium solani, 73.69% Rhizoctonia solani, 73.06% Fusarium oxysporum y de 71.41% para Ascochyta spp. Mientras que para el tratamiento químico 43.12% para Fusarium solani, 53.69% Rhizoctonia solani, 14.99% Fusarium oxysporum y 52.48% para Ascochyta spp. (figura 1).

Teniéndose para el solarizado porcentajes bastante altos de reducción de inóculo, con mayor control de F. solani y porcentajes similares para los demás patógenos; no así para el tratamiento químico con el cuál se obtuvieron porcentajes de reducción de inóculo de 50% del total, en promedio, y hasta un 15%, lo cuál nos

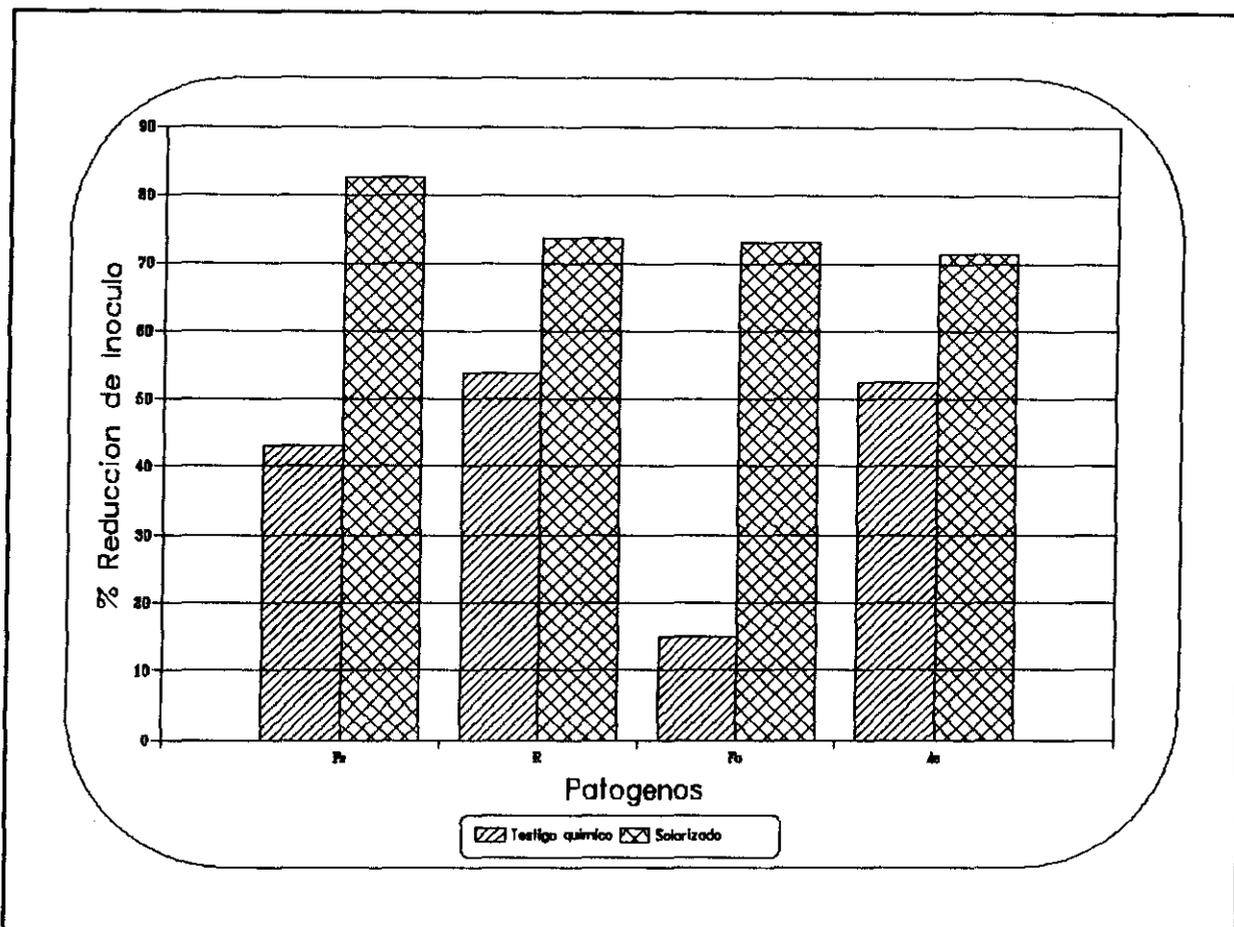


Figura 1: Comparación de la reducción de inóculo inicial de patógenos entre el tratamiento químico y el promedio de solarizado, tomando como referencia el testigo absoluto. Finca Florencia 1994.

indica un mayor control de las enfermedades radicales que afectan al cultivo de la Arveja China empleando el solarizado.

Dentro del solarizado, el tratamiento 8 sem-Cal 1.25 controló en mayor proporción *F. oxysporum*; para *F. solani* los tratamientos de 8 sem-para los tres calibres y, 6 y 4 sem-Cal 1.50; para *Rhizoctonia solani* mejor control con 8 y 4 sem-Cal 1.25; y para *Ascochyta* spp. 8 y 6 sem-Cal 1.25.

Es de gran importancia tomar en cuenta la incidencia de enfermedad que pueda tenerse en el cultivo, ya que ésta influirá en gran proporción en la acumulación de biomasa (materia seca) y por ende en el rendimiento; lo cuál es debido al factor sanidad que

debe considerarse en la planta para un adecuado desarrollo y producción, en acción conjunta con otros factores determinantes como la fertilización y el riego, y que para los datos obtenidos representa una correlación de -0.74 entre la incidencia y biomasa y de -0.70 entre incidencia y rendimiento, empleando los promedios de incidencia obtenidos por tratamiento y los promedios de biomasa y rendimiento respectivos. Dichos coeficientes poseen valores bastante altos, indicando una correlación negativa, lo que quiere decir que entre más incidencia tengamos en el cultivo menor será la acumulación de biomasa y el rendimiento.

En el cuadro 13"A" del apéndice, se tienen los porcentajes de incidencia de enfermedades radicales a través del tiempo, es decir en cada muestreo, lo cuál además de lo mencionado anteriormente, viene a reforzar la efectividad del solarizado para el control de enfermedades radicales.

En la figura 2, se observan las curvas de progreso de las enfermedades, y como los porcentajes de incidencia para el testigo absoluto y químico se incrementan en gran medida a partir del tercer muestreo, mientras que el incremento para los tratamientos de solarizado, es menos brusco que los mencionados antes.

Entre los tratamientos de solarizado como se indicó, no existen diferencias estadísticas, pero considerando sus porcentajes totales de incidencia de enfermedades radicales se tienen diferencias apreciables como puede observarse en la figura 3; obteniéndose los resultados esperados según reporta la literatura, en lo referente a la relación directa del incremento en tiempo y un mayor control de patógenos (18,28). Ya que en promedio se obtuvo menor incidencia en el orden de tiempo de 8, 6 y 4 semanas. Así también en lo referente al calibre de la lámina de polietileno, que entre más delgada sea esta mayor transmitancia de radiación se tendrá y por lo mismo un mayor control (19); teniéndose el orden de más control para 1.25 milésima de pulgada, luego 1.50 y 2.00 mil.

Por lo tanto tomando ambos factores en asocio como se encuentran en los tratamientos, puede notarse que los tratamientos de menor incidencia fueron: el de 8 semanas-calibre 1.25, 8 semanas-calibre

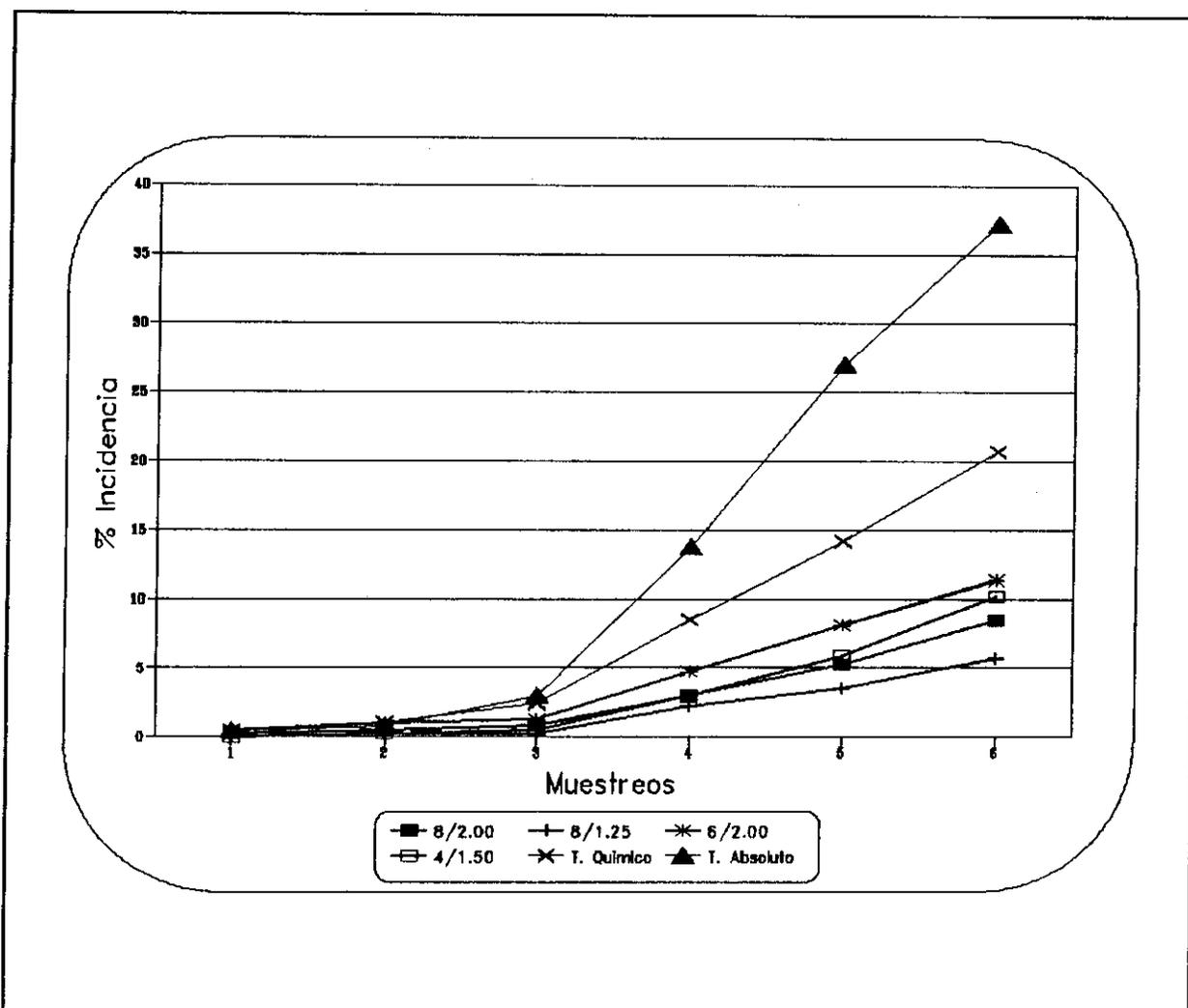


Figura 2: Efecto de tratamientos de solarizado, químico y absoluto sobre la incidencia acumulada de enfermedades. Finca Florencia 1994.

2.00 y 6 semanas-calibre 1.25; con poca diferencia entre los demás tratamientos, de donde para establecer el tratamiento más conveniente se hizo necesario considerar otras variables estudiadas y el costo del empleo de cada uno con sus variantes particulares.

8.2. Conteo de nematodos:

En relación a esta variable, se colectaron las muestras de suelo antes y después de solarizar, para determinar las poblaciones de los géneros de nematodos presentes, y en base a esto establecer si

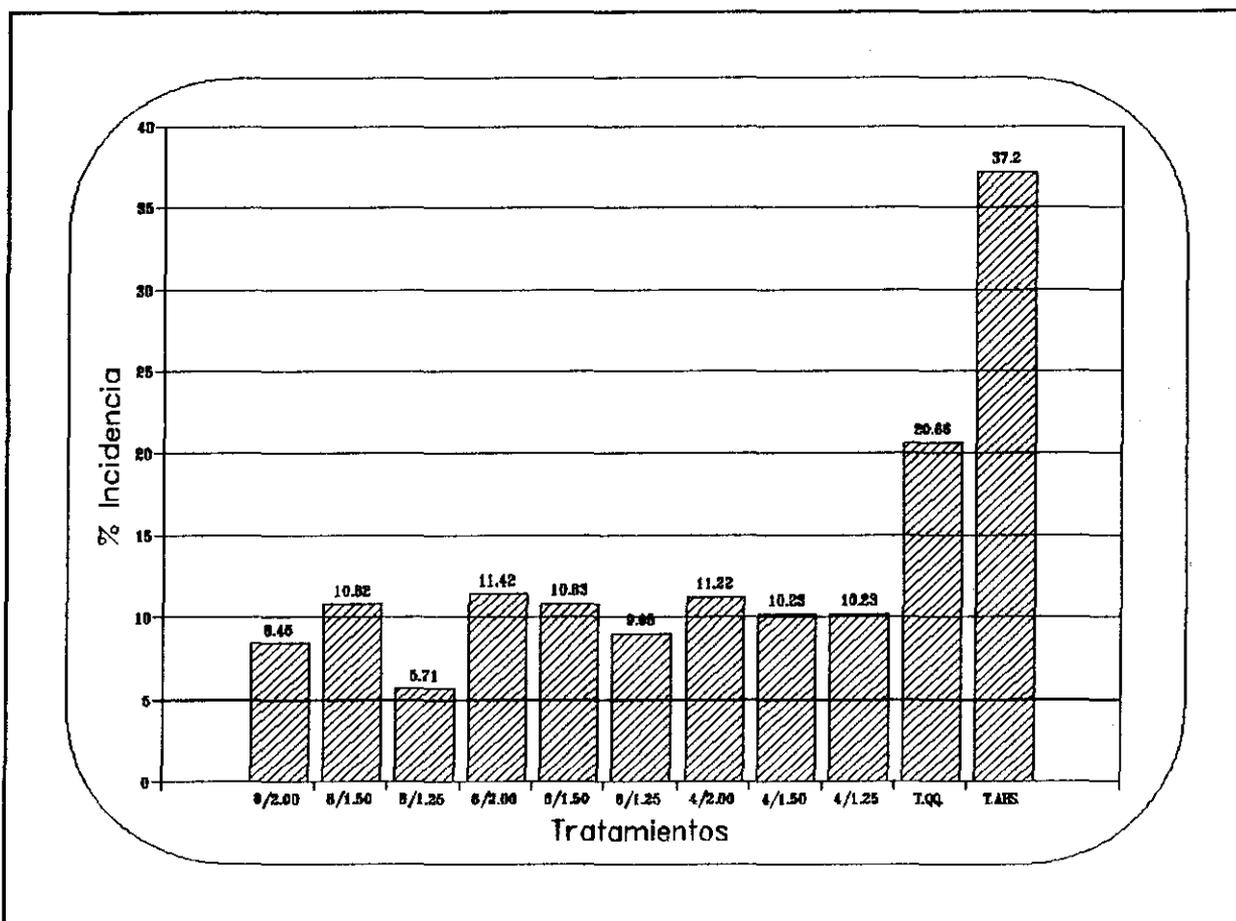


Figura 3: Incidencia total de enfermedades radicales por tratamiento. Finca Florencia 1994.

existió disminución de estos patógenos o no.

En términos generales puede decirse que el solarizado logra disminuir en alguna medida las poblaciones de nematodos de algunos géneros, ya que aunque puede observarse en el cuadro 5, las poblaciones totales y su disminución, no todos los tratamientos llegaron a bajar las poblaciones iniciales, pero si para algunos géneros en particular.

Para el caso de los tratamientos de 8 semanas de exposición, el calibre 2.00 mil, consiguió bajar las poblaciones de Aphelenchus en 20%, Trichodorus, Tylenchus y Meloidogyne en 100%, lo cuál en total dió una disminución de población de 16.28% considerando también el número de nematodos de géneros no controlados. Para el calibre 1.50

Cuadro 5: Poblaciones de diferentes géneros de nematodos encontrados antes y después de solarizar. Finca Florencia 1994.

8 S e m a n a s

	Aphelenchoi		Aphelenchus		Trichodorus		Tylenchus		Meloidogy		Xiphine		Longidor		Dorilaimus		Tylenchoryn		Total		Pobla D %	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D		
2.00	104	260	260	208	78	—	26	—	91	—									559	468	16.28	
1.50	52	65	52	104	—	26	26	39							—	26	—	26	130	286	-----	
1.25	195	351	91	260	65	—	52	—											403	611	-----	
6 S e m a n a s																						
2.00	91	39	130	39			—	26											221	104	52.94	
1.50	481	494	59	390	65	39	299	65	65	—	65	—			—	143	—	39	1034	1170	-----	
1.25	689	78	910	104	52	39	52	39	—	78					—	39			1703	377	77.86	
4 S e m a n a s																						
2.00	91	169	—	65	78	65	52	39						39	—	—	143	—	78	260	559	-----
1.50	234	234	273	156	—	39	78	—	—	39						—	65		585	533	8.89	
1.25	442	39	182	325	—	169	52	130										—	39	676	702	-----

A = antes de solarizar
 D = después de solarizar
 Pobla D = población disminuída
 1-9 = tratamientos de solarizado

Nematodos/100 ml de suelo

mil, no se obtuvo ninguna disminución de población para ningún género. Calibre 1.25 mil, se disminuyó Trichodorus y Tylenchus en 100% y en población total no se obtuvo disminución.

En la exposición de 6 semanas, para el calibre 2.00 mil disminuyó Aphelenchoides en 57%, Aphelenchus 70% y en total 52.94%. Calibre 1.50 mil, disminución de Trichodorus en 40%, Tylenchus 78%, Meloidogyne y Xiphinema 100%, y en total no se obtuvo disminución alguna. Calibre 1.25 mil, disminución de Aphelenchoides en 89%, Aphelenchus 88%, Trichodorus y Tylenchus 25%, para un total de disminución de población de nematodos de 77.86%.

Para el tiempo de 4 semanas, calibre 2.00 mil se disminuyó Trichodorus en 17%, Tylenchus 25%, Longidorus 100%, sin disminución del total de nematodos. Calibre 1.50 mil, disminución de Aphelenchus en 43%, Tylenchus 100%, con una disminución de 8.89% del total de población de nematodos. Calibre 1.25 mil, disminución de Aphelenchoides en 91% y sin disminución total alguna.

De todo lo anterior puede notarse que para los tres tiempos de exposición y los tres calibres de polietileno, a excepción de 1.50 mil en 8 semanas, se obtuvieron disminuciones de poblaciones de nematodos. De donde el tiempo que más control tuvo fué el de 6 semanas y dentro de este el calibre 1.25 mil.

Los géneros de nematodos más controlados fueron Meloidogyne, Xiphinema, Longidorus, y Aphelenchoides, con supresiones totales o casi totales. Con supresiones medias de sus poblaciones Aphelenchus, Trichodorus, y Tylenchus. Dorilaimus y Tylenchorrynchus no fueron controlados.

Es importante mencionar que de todos los géneros descritos, son reportados a estar asociados con el ataque a la Arveja China casi todos los géneros, a excepción de Aphelenchus, Aphelenchoides, y Tylenchus (17,31).

8.3. Biomasa:

Como se mencionó en la incidencia, esta y la biomasa poseen un valor alto de correlación lo cuál es manifiesto en los resultados de la acumulación de materia seca del cuadro 6, en donde puede

verse que los tratamientos que obtuvieron menor incidencia llegaron a tener un mayor porcentaje de materia seca acumulada.

Así también tomando en cuenta los tiempos de exposición, entre más se prolongó este, más fué la cantidad de materia seca acumulada. En cuanto a los calibres la relación fué de manera diferente, ya que a menor calibre se obtuvo más materia seca, por el mayor control de patógenos en promedio. De donde puede notarse que los tratamientos que mayor porcentaje de materia seca obtuvieron fueron, el de 8 semanas de exposición-calibres 1.25 milésima de pulgada de grosor y 1.50 milésima de pulgada, así también el de 6 semanas- calibre 1.25 milésima de pulgada.

Cuadro 6: Porcentajes de materia seca acumulados al momento de la floración por cada uno de los tratamientos evaluados y su comparación con la incidencia.

Tratamiento	% de materia seca	% de incidencia
8/2.00	21.59	8.46
8/1.50	24.75	10.82
8/1.25	24.90	5.71
6/2.00	22.42	11.42
6/1.50	19.12	10.83
6/1.25	22.78	9.05
4/2.00	18.42	11.22
4/1.50	22.03	10.23
4/1.25	20.93	10.23
Testigo Químico	18.76	20.66
Testigo Absoluto	16.20	37.20

En cuanto a la acumulación de peso seco o materia seca (biomasa), en comparación al testigo absoluto y tomando en cuenta el factor sanidad del cultivo, los tratamientos de solarizado tuvieron un valor promedio de 35.07% de incremento con valores máximos de 53.70% (8/1.25), 40.62% (6/1.25), 38.40% (6/2.00) y mínimos de 18.02% (6/1.5) y 13.70% (4/2.00). Y el testigo químico 15.80% de incremento.

Lo anterior nos muestra efectividad del solarizado sobre otro factor importante en el cultivo, influenciado en parte por la incidencia de enfermedades, y que como se ha mencionado, es controlada en forma adecuada por este método de desinfestación.

8.4. Malezas y Humedad:

En cuanto a las malezas, durante el tiempo de cobertura del suelo para cada tratamiento, pudo observarse la presencia de ciertas especies las cuáles ocasionaron problemas a medida que el tiempo de exposición se prolongaba. Así también en los calibres, porque en los más delgados se corría el riesgo por rotura, aún cuando este calibre delgado era el que poseía relativamente menor cantidad de malezas.

Estas malezas proliferaban bastante ejerciendo presión en los bordes y extremos de las láminas de polietileno, las cuáles se encontraban enterradas. Siendo esto de alguna manera desventajoso ya que interfería en el hermetismo del tratamiento, la transmitancia de radiación, en la humedad existente en el suelo y así en su eficacia; no obstante el método mostró bastante efectividad en el control de los patógenos encontrados, las poblaciones de nematodos, la acumulación de materia seca y el rendimiento.

En el cuadro 7, pueden observarse las especies de malezas, que eran más comunes a ser encontradas por debajo de las cubiertas plásticas. Y que en promedio fueron tres especies las más proliferantes: Verdolaga, Bledo y Hierba de pollo.

De estas especies se constituyen como más importantes la Verdolaga y el Bledo, considerando la interferencia que ocasionan en el proceso de desinfestación como se mencionó antes; además cabe mencionar que se han reportado como especies a ser controladas por el solarizado (18, 20, 25, 28, 29) y que para la presente investigación no se consiguió.

Cuadro 7: Especies de malezas encontradas luego de retirar las cubiertas plásticas de solarización.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Verdolaga	<u>Portulaca oleracea</u>	Portulacaceae
Bledo	<u>Amaranthus</u> spp.	Amaranthaceae
Hierba de pollo	<u>Commelina difusa</u>	Commelinaceae
Trébol	<u>Oxalis hayii</u>	Oxalidaceae
Bermuda	<u>Cynodon dactylon</u>	Poaceae
Olla nueva	<u>Galinsoga urticaefolia</u>	Asteracea
Estrella	<u>Cynodon nlemfuensis</u>	Poaceae

A todo lo anterior es de agregar también que, el solarizado evitó el crecimiento de ciertas malezas que se desarrollaron en las parcelas testigo, es decir en partes del terreno de cultivo no tratadas con este método de desinfestación. Siendo estas malezas: Chicalote Argemone mexicana (Papaveraceae); Flor amarilla Videns spp. (Asteraceae); Drimaria cordifolia (Caryophyllaceae); Bolsa de pastor Capsella bursapastoris (Brassicaceae); Colchoncillo Drimaria spp. (Caryophyllaceae); y Pajilla Eragrostis mexicana (Poaceae).

A pesar de la existencia de malezas para los tratamientos de solarizado, la humedad se conservó en mayor cantidad que el suelo descubierto. Siendo mayor entre más era el tiempo de cobertura del suelo. Con promedio de humedad de 19.33% para 8 semanas, 18.90% para 6 semanas, 17.40% para 4 semanas y 11.90% para el suelo descubierto, al momento de retirar las cubiertas (un día antes de siembra).

8.5. Análisis económico:

Para poder efectuar éste análisis se hizo necesario el considerar el rendimiento promedio en kilogramos/hectárea que se obtuvo por tratamiento (cuadro 15"A" del apéndice). Previo a esta fase económica de la investigación se realizó un análisis de varianza con los datos del cuadro 15"A".

Cuadro 8: Análisis de varianza para la variable rendimiento expresado en Kilogramos por hectárea.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Bloque	3	7397280	2465760.0	2.381	
Tratam	10	8577824	857782.4	0.808	2.16NS-2.98NS
Error	30	31061890	1035396.0		
Total	43	47036990			

C.V.: coeficiente de variación = 30.63%

NS: no hay significancia

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza del cuadro anterior, puede observarse que no se obtuvo diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos evaluados para la variable rendimiento, obteniéndose así también un coeficiente de variación alto, debido a las bajas en rendimiento obtenidas en algunas unidades experimentales para los cuatro bloques y ciertos tratamientos. Atribuyéndose estas bajas a la distribución no uniforme de la humedad en el campo donde se efectuó la investigación, constituyéndose esto en una fuente de variación no controlable.

Es importante mencionar que con éste resultado no se establece que los tratamientos evaluados (solarizado y químico) no sean efectivos para el control de patógenos del suelo, ya que el rendimiento del cultivo no ésta dependiendo únicamente de la sanidad de la planta, sino de otros factores más como por ejemplo la fertilización, ataque de plagas y la humedad, como pudo observarse en éste caso, lo que ocasionó para éste experimento que no se pudieran percibir las diferencias esperadas entre los tratamientos para ésta variable, tomándo en cuenta la incidencia que cada uno obtuvo.

Para el análisis económico se empleó el Analisis Marginal, tomándose los datos de costos variables para una hectárea (cuadro 16"A" del apéndice), con las variantes de los tratamientos de solarizado, dando como resultado los cuadros 17"A" y 18"A" del apéndice, correspondientes al Presupuesto Parcial y Análisis de

Dominancia. Con estos últimos datos se realizó el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), proporcionando los siguientes resultados:

Cuadro 9: Tasa Marginal de Retorno para los tratamientos seleccionados del Análisis de Dominancia.

Tratam	BN	CV	▲ BN (a)	▲ CV (b)	TMR(a/b)
T.Abs.	8564.51	5493.60			
T.Quí.	10360.98	5844.00	1796.47	350.40	5.1269
4/1.25	11494.81	6960.17	1133.83	1116.17	1.0158
6/1.25	13443.46	7064.67	1948.65	104.50	18.6474
8/1.25	15231.12	7169.17	1787.66	104.50	17.1068

De acuerdo al resultado anterior, la mayor Tasa Marginal de Retorno la obtuvo el tratamiento de 6 semanas/calibre 1.25, con un valor de 18.6474. Lo cuál quiere decir que por cada quetzal adicional que se invierta en costo variable para este tratamiento se recuperará un total de 18.64 quetzales. Constituyendo esto un adecuado resultado, ya que según esta metodología de análisis, se recomienda que el tratamiento seleccionado dentro de una tecnología nueva tenga una tasa mínima de retorno del 100%, siendo para este caso de 1864.74%.

Como puede verse el tratamiento que obtuvo un valor cercano al anterior fué el de 8 semanas/calibre 1.25, de donde es importante mencionar que para todas las variables evaluadas estos tratamientos llegaron a ser los que mejor desempeño tuvieron, por lo que se constituyen en los tratamientos más convenientes en comparación con los demás de solarizado, y el químico. Ya que en última instancia, la conveniencia económica es uno de los factores que son tomados en cuenta para la aceptación o rechazo de una nueva tecnología, lo cuál viene a definirlos como tales.

9. CONCLUSIONES

1. De los cuatro patógenos encontrados en plantas enfermas del cultivo, se logró controlar en promedio y en mayor proporción por los tratamientos de solarizado de la manera siguiente: Fusarium solani 82.69%, Rhizoctonia solani 73.69%, Fusarium oxysporum 73.06% y Ascochyta spp. 71.41%.
2. Existe una alta correlación entre incidencia y la acumulación de materia seca e incidencia y rendimiento del cultivo, en relación negativa o inversamente proporcional, con valores de -0.74 y -0.70 respectivamente.
3. En lo referente al control de nematodos, el solarizado puede considerarse como supresor de las poblaciones en alguna medida, ya que aunque no fué manifiesto para todos los tratamientos el disminuir la población total encontrada, lo fué para algunos géneros en particular como el caso de: Meloidogyne, Xiphinema, Longidorus, Aphelenchus, Aphelenchoides, Trichodorus y Tylenchus.
4. La solarización como método de desinfestación mostró superioridad al testigo químico con Captán, en relación a la efectividad de control de patógenos, rendimiento, beneficios laterales al cultivo y lo que es más importante las ventajas que este método posee en cuanto a su bajo riesgo ambiental.
5. Dentro de los tratamientos de solarizado, aunque no se obtuvo diferencias estadísticas para la variable incidencia, los tratamientos de menor porcentaje de incidencia y de mejor resultado económico, así como para las otras variables evaluadas, fueron: 8 y 6 semanas de exposición a la radiación solar-calibre 1.25 milésimas de pulgada, por lo cuál la hipótesis planteada es aprobada.
6. Desde el punto de vista económico resulta más conveniente el empleo del tratamiento de seis semanas de exposición-calibre 1.25 milésimas de pulgada, ya que a pesar de tener menor rendimiento que el de ocho semanas, obtuvo un valor de Tasa Marginal de Retorno mayor que éste.

7. El método de desinfestación por solarizado consiguió en relación al testigo absoluto aumentos en materia seca de 53.70% (8/1.25), 40.62% (6/1.25), 38.40% (6/2.00), y en promedio 35.07% de incremento, lo cuál comparado con el tratamiento químico empleado (15.80%) nos muestra incrementos de 2.2 a 2.8 veces más.
8. Portulaca oleracea, Amaranthus spp. y Conmelina difusa, constituyen malezas de importancia para el solarizado, ya que al no ser controladas representan una interferencia en el proceso de desinfestación de este método, disminuyendo en alguna forma la transmitancia de radiación que es la fuente principal del calor generado, afectando la humedad del suelo y el hermetismo de la cubierta.

10. RECOMENDACIONES

1. Continuar con las investigaciones de éste método de desinfestación, en épocas y localidades diferentes, para establecer las diferencias de su aplicación en otras condiciones de evaluación.
2. Realizar ensayos de campo más extensos con los tratamientos sugeridos como más convenientes, a fin de establecer su efectividad y recomendación definitiva.
3. Para el caso de la aplicación del solarizado para el control de nematodos, se recomienda el efectuar investigaciones que estén orientadas con mayor especificidad a este tema y problemas particulares.
4. Se recomienda la solarización para la desinfestación de suelos, considerando la eficiencia en el control de patógenos de suelo y su bajo riesgo por contaminación ambiental.

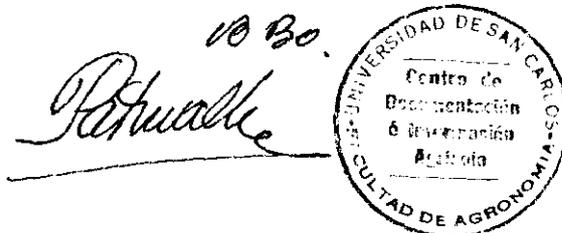
11. BIBLIOGRAFIA

1. ABUGARADE PINEDA, J.F. 1990. Evaluación de tres fungicidas como protectantes de semilla de tomate (Lycopersicon esculentum), chile pimiento (Capsicum annum) y arveja china (Pisum sativum), para el control de hongos del suelo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
2. AGRIOS, G.N. 1989. Fitopatología; enfermedades de las plantas ocasionadas por hongos. Trad. por Manuel Guzmán Ortiz. México, D.F., Limusa. 756 p.
3. ALVAREZ, G.; GARCIA, E. 1992. Estudio de hongos patógenos en arveja china. En Manejo integrado de plagas en arveja china; fase i: 1991-1992. V. Salguero, R. Fisher y D. Dardón eds. Guatemala, MIP-ICTA-CATIE-ARF. p. 63-68.
4. ASHWORTH JUNIOR, L.J.; GAONA, S.A. 1982. Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling Verticillium wilt in established pistachio nut groves. *Phytopathology* (EE.UU.) 72(2):243-246.
5. CALDERON, E.; GARCIA, E. 1992. Evaluación de diferentes métodos para el control de hongos del suelo en arveja china. En Manejo integrado de plagas en arveja china; fase i: 1991-1992. V. Salguero, R. Fisher y D. Dardón eds. Guatemala, MIP-ICTA-CATIE-ARF. p. 83-90.
6. CENIS, J.L. 1989. Temperature evaluation in solarized soils by fourier analysis. *Phytopathology* (EE.UU.) 79(5):506-510.
7. CHACON ROJAS, F.A. 1989. Evaluación de la aplicación combinada de ocho fungicidas en el control de la Ascochita sp. en el cultivo de la arveja china. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 46 p.
8. CHEN, Y.; KATAN, J. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science* (EE.UU.) 130(5):271-273.
9. CRUZ S., J.R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 29-30.
10. ELAD, Y.; KATAN, J.; CHET, I. 1980. Physical, biological, and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* (EE.UU.) 70(5):418-421.

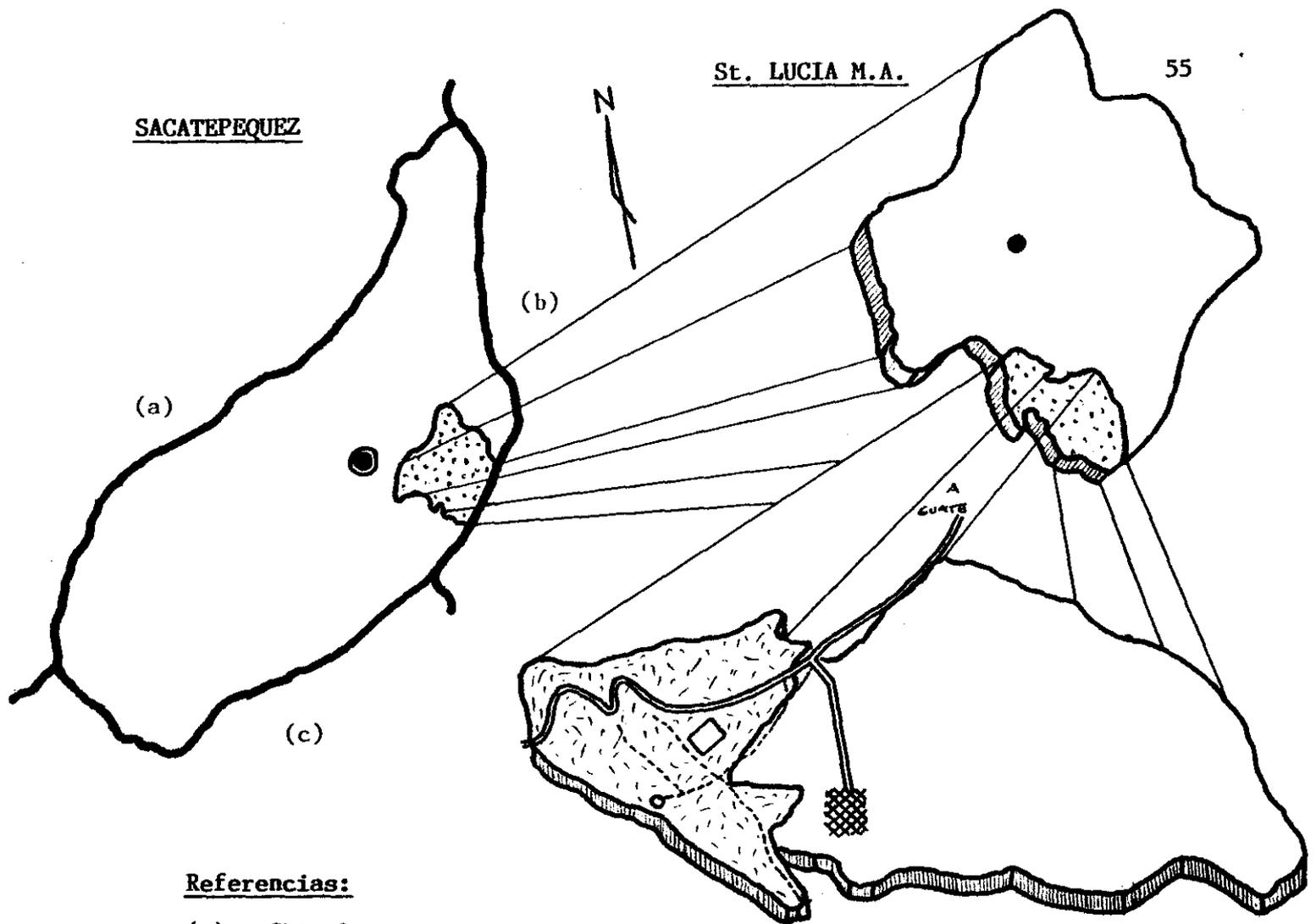
11. GARCIA, E. 1992. Manejo racional de plagas en arveja china. Guatemala, MIP-CATIE-ARF-ICTA. p. 3-7.
12. GARCIA ALVAREZ, M. 1979. Patología vegetal práctica; pudriciones. México, D.F., Limusa. p. 94.
13. GARCIA, E.; CALDERON, E. 1992. Manejo integrado de patógenos del suelo en arveja china con el uso de cal y control químico. En Manejo integrado de plagas en arveja china; fase i: 1991-1992. V. Salguero, R. Fisher y D. Dardón eds. Guatemala, MIP-ICTA-CATIE-ARF. p. 44-52.
14. GREMIAL DE EXPORTADORES DE PRODUCTOS NO TRADICIONALES-GUATEMALA. s.f. Guía práctica para el cultivo de arveja china. Guatemala. 13 p.
15. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS, DIRECCION TECNICA DE SANIDAD VEGETAL. 1992. Resumen de exportaciones de productos agrícolas. Guatemala. 120 p.
16. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 2, p. 667.
17. HAGEDORN, D.J. 1984. Compendium of pea diseases; biotic diseases. Minnesota, EE.UU., American Phytopathological Society. p. 667.
18. KATAN, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. Plant Disease (EE.UU.) 64(5):450-454.
19. ----- . 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annual Review of Phytopathology (EE.UU.) 19:211-223.
20. -----.; 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 (EE.UU.) 73(8):1215-1219.
21. KATAN, J.; GREENBERGER, H.; GRINSTEIN, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. Phytopathology (EE.UU.) 66(5):683-687.
22. KATAN, J.; GREENBERGER, H.; YOGEV, A. 1985. Induced suppressiveness in solarized soils. Phytopathology (EE.UU.) 75(11):1291.
23. LEE, F.N. 1985. Effect of soil solarization with clear plastic and shallow flood on the survival of Rhizoctonia solani sclerotia. Phytopathology (EE.UU.) 75(11):1291.

24. LIEBMAN, J.A. *et al.* 1989. Evaluation of soil solarization for control of Verticillium wilt in cherry tomato. *Phytopathology* (EE.UU.) 79(10):1194.
25. MARTYN, R.D.; HARTZ, T.K. 1986. Use of soil solarization to control Fusarium wilt of watermelon. *Plant Disease* (EE.UU.) 70(8):762-766.
26. MIHAIL, J.D.; ALCORN, S.M. 1984. Effects of solarization on Macrophonima phaseolina and Sclerotium rolsfii. *Plant Disease* (EE.UU.) 68(2):156-159.
27. MUNNECKE, D.E.; RAMIREZ, J. 1985. Effects of solarization of soil amended with residues on Fusarium oxysporum f.sp. conglutinans race 5. *Phytopathology* (EE.UU.) 75(11):1291.
28. NAVARRO, J.R. *et al.* 1991. 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.
29. RAMIREZ-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* (EE.UU.) 71(3):217-221.
30. ----- 1988. Effect of solar heating and soil amendments for cruciferous residues on Fusarium oxysporum f.sp. conglutinans and other organisms. *Phytopathology* (EE.UU.) 78(3):289-295.
31. SHERF, A.F.; MACNAB, A.A. 1986. Vegetable diseases and their control. 2 ed. EE.UU., Wiley-Interscience. p. 483-501.
32. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
33. STAPLETON, J.J. 1991. Use of soil solarization for the control of soil pests. *En National Agricultural Plastics Congress* (23., 1991, EE.UU.). *Proceedings*. Brown J.E. ed. Auburn, Alabama, EE.UU., American Society for Plasticulture. p. 266-271.
34. -----; DeVAY, E. 1983. Response of phytoparasitic and free-living nematodes to soil solarization and 1,3-dichloropropene in California. *American Phytopathological Society* (EE.UU.) 73(10):1429-1435.

35. ----- . 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. *Phytopathology* (EE.UU.) 74(3):255-259.
36. ----- . 1985. Soil solarization as a postplant treatment to increase growth of nursery trees. *Phytopathology* (EE.UU.) 75(10):1179.



12. APENDICE

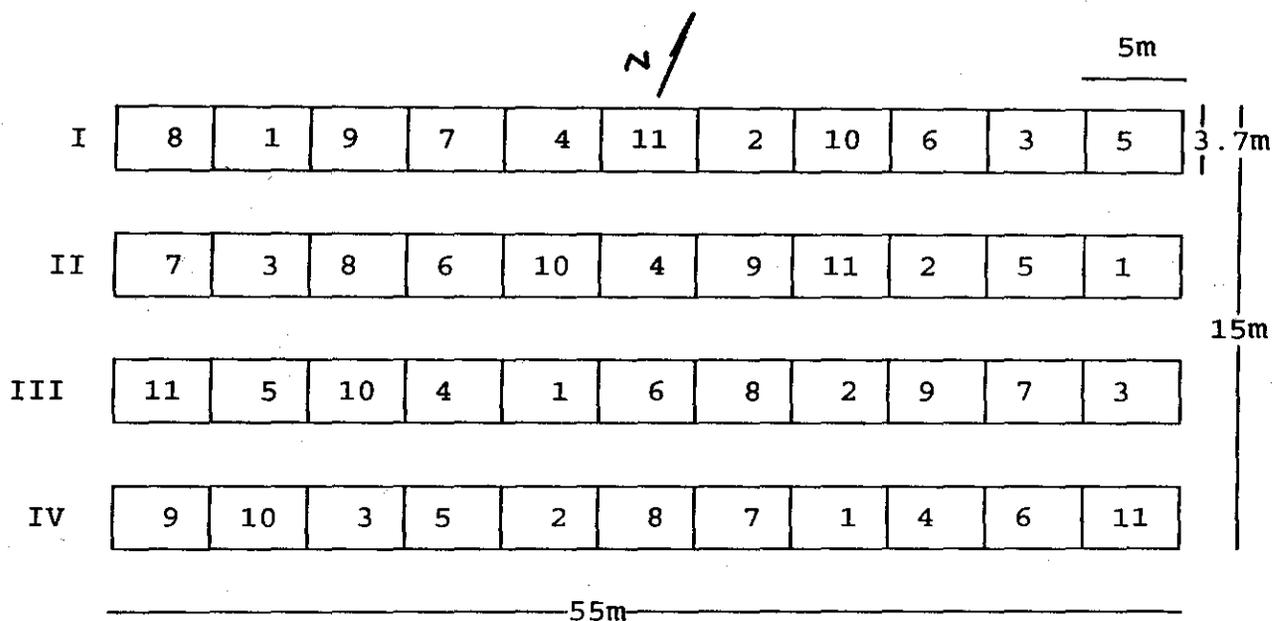


Referencias:

- (a) = Chimaltenango
- (b) = Guatemala
- (c) = Escuintla
- = Cabecera departamental
- = Cabecera Municipal
- ▣ (with cross-hatch) = Aldea
- ▣ (with wavy lines) = Finca Florencia
- ▣ (empty) = Area Experimental
- ▬▬ = Carretera
- - - - = Camino vecinal

Figura 4"A": Ubicación del área experimental en Finca Florencia, Aldea --- Santo Tomás Milpas Altas, Municipio Santa Lucía Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez.

DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS



AREA TOTAL = 825 m²

Ancho de bloque = 3.75 m

DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS:

<u>Tratamiento</u>	<u>Tiempo de exposic.</u>	<u>Mat. de desinfestación</u>
1	8 semanas	1.25 mil*
2	8 semanas	1.50 mil*
3	8 semanas	2.00 mil*
4	6 semanas	1.25 mil*
5	6 semanas	1.50 mil*
6	6 semanas	2.00 mil*
7	4 semanas	1.25 mil*
8	4 semanas	1.50 mil*
9	4 semanas	2.00 mil*
10	-----	Químico Captan
11	-----	Test. Absoluto

* calibre de polietileno en milésima de pulgada.

Figura 5"A": Croquis de la distribución de tratamientos en el área experimental y su descripción.

Cuadro 10"A": Número de plantas enfermas obtenido de los muestreos para establecimiento de incidencia. Finca Florencia. 1994.

Tratam.	I	II	III	IV	Promedio
8/2.00	21	9	7	6	10.75
8/1.50	20	21	9	5	13.75
8/1.25	7	11	5	6	7.25
6/2.00	22	11	8	17	14.50
6/1.50	16	13	16	10	13.75
6/1.25	8	16	10	12	11.50
4/2.00	17	20	12	8	14.25
4/1.50	19	10	19	4	13.00
4/1.25	16	10	17	9	13.00
T.Quím.	30	31	20	24	26.25
T.Abs.	48	49	54	38	47.25

Cuadro 11"A": Porcentajes de incidencia obtenidos de la relación del número de plantas enfermas y el promedio total de plantas por unidad experimental. Finca Florencia. 1994.

Tratam.	I	II	III	IV	Promedio
8/2.00	16.53	7.09	5.51	4.72	8.46
8/1.50	15.75	16.53	7.09	3.94	10.82
8/1.25	5.51	8.66	3.94	4.72	5.71
6/2.00	17.32	8.66	6.30	13.38	11.42
6/1.50	12.60	10.24	12.60	7.87	10.83
6/1.25	6.30	12.60	7.87	9.45	9.05
4/2.00	13.38	15.75	9.45	6.30	11.22
4/1.50	14.96	7.87	14.96	3.15	10.23
4/1.25	12.60	7.87	13.38	7.09	10.23
T.Quím.	23.62	24.41	15.75	18.90	20.66
T.Abs.	37.79	38.58	42.52	29.92	37.20

Cuadro 12"A": Porcentajes de incidencia transformados por la fórmula Arcoseno de la raíz del porcentaje/100. Finca Florencia 1994.

Tratam.	I	II	III	IV
8/2.00	23.99	15.44	13.58	12.55
8/1.50	23.38	23.99	15.44	11.45
8/1.25	13.58	17.11	11.45	12.55
6/2.00	24.59	17.11	14.54	21.46
6/1.50	20.79	18.66	20.79	16.29
6/1.25	14.54	20.79	16.29	17.90
4/2.00	21.46	23.38	17.90	14.54
4/1.50	22.75	16.29	22.75	10.22
4/1.25	20.79	16.29	21.46	15.44
T.Químico	29.08	29.61	23.38	25.77
T.Absoluto	37.93	38.40	40.70	33.16

Cuadro 13"A": Porcentajes totales de incidencia de enfermedades radicales, acumulados en cada muestreo de incidencia. Finca Florencia 1994.

Tratam	M U E S T R E O S					
	1	2	3	4	5	6
8/2.00	0.20	0.40	0.79	2.95	5.31	8.46
8/1.50	0.00	0.98	1.18	3.34	6.49	10.82
8/1.25	0.00	0.20	0.20	2.17	3.55	5.71
6/2.00	0.39	0.98	1.18	4.72	8.07	11.42
6/1.50	0.79	1.13	1.77	4.53	7.68	10.83
6/1.25	0.20	0.40	1.19	3.16	5.70	9.05
4/2.00	0.59	1.18	1.77	5.12	8.27	11.22
4/1.50	0.00	0.20	0.40	2.96	5.91	10.23
4/1.25	0.39	0.98	1.57	3.54	6.69	10.23
T.QQ.	0.20	0.99	2.37	8.47	14.18	20.66
T.Abs.	0.39	0.78	2.94	13.77	26.96	37.20

Cuadro 14"A": Contenido de humedad del suelo para cada tratamiento, luego de retirar las cubiertas plásticas de solarización, expresado en porcentaje. Finca Florencia 1994.

Tratamiento	% humedad	diferencias por tiempo	solarizado y no solarizado
8/2.00	18.5	19.33	18.54
8/1.50	20.0		
8/1.25	19.5		
6/2.00	18.8	18.90	
6/1.50	19.0		
6/1.25	18.9		
4/2.00	16.9	17.40	
4/1.50	19.3		
4/1.25	16.0		
NoSolarizado	11.9	11.90	11.90

Cuadro 15"A": Rendimiento expresado en kilogramos por hectárea, de cada uno de los tratamientos evaluados para el control de patógenos del suelo en Arveja China. Finca Florencia 1994.

Tratam.	I	II	III	IV	Promedio
8/2.00	2541.97	2817.73	2439.55	4025.00	2956.06
8/1.50	2649.09	2115.00	3264.09	4852.27	3220.11
8/1.25	3688.64	4017.95	4347.27	4237.27	4072.78
6/2.00	1566.36	4318.18	3527.73	2312.73	2931.25
6/1.50	3359.31	2005.45	3322.73	4713.18	3350.18
6/1.25	4076.36	3373.64	5027.73	2437.27	3728.75
4/2.00	2525.00	3820.45	2188.18	5496.36	3507.50
4/1.50	3220.00	3790.91	3644.55	5013.18	3917.16
4/1.25	3139.55	3066.36	1807.73	5408.18	3355.45
T.Quím.	1968.64	2981.36	3212.73	3622.73	2946.36
T.Abs.	2166.36	2759.09	3995.91	1302.73	2556.02

Cuadro 16"A": Costos variables por hectárea relacionados con la producción del Cultivo de Arveja China en la época de evaluación, y las variantes de aplicación del Método de desinfestación por solarizado.

CONCEPTO	UN. /MEDIDA	VALOR (Q)	V. PAR. TOT.
-arrendamiento	Ha (6 meses)	894.00	894.00/a
	" (5.5 ")	819.50	819.50/b
	" (5 ")	745.00	745.00/c
	" (4 ")	596.00	596.00/d
-preparación del suelo:			
arado y rastra	hectárea	223.50	223.50
-desinfestación del suelo	4 jornales	15.00	60.00
-colocado y quitado de plásticos de solarizado	12 jornales	15.00	180.00*
-siembra, manual	10 jornales	15.00	150.00
-resiembra	2 jornales	15.00	30.00
-labores culturales:			
ahoyado	4 jornales	15.00	60.00
posteado	4 jornales	15.00	60.00
colocado de rafia	7 jornales	15.00	105.00
fertilización	15 jornales	15.00	225.00
limpias	15 jornales	15.00	225.00
fumigaciones	27 jornales	15.00	405.00
-cosecha	100 jornales	15.00	1500.00
-insumos:			
semilla	70 libras	8.00	560.00
fertilizantes			1500.00
insecticidas			1200.00
fungicidas			1000.00
tratamiento químico			709.60*
solarizados			550.00**
postes de bambú	1500 postes	1.10	378.00**
rafia	27 rollos	42.00	
plásticos:			
2.00 mil.pulgada	982.80Lb/Ha	3.51	1725.16**
1.50 mil.pulgada	737.33 "	3.51	1293.43**
1.25 mil.pulgada	614.44 "	3.51	1077.57**
-cuido de plásticos:			
8 semanas	1 jor/semana	15.00	120.00*
6 semanas	1 "	15.00	90.00*
4 semanas	1 "	15.00	60.00*

/a Solar. 8 sem.

/b Solar. 6 sem.

/c Solar. 4 sem.

/d Sin Solarizar

* Solarizado únicamente

** Utilización del material en tres ciclos de cultivo.

+ Utilización por dos ciclos de cultivo.

NOTA: en el caso de los fungicidas se resto para el solarizado el valor de la cantidad de Captán usado por hectárea. (dosis 6Kg/Ha, precio Q.22/libra = Q.290.40).

Cuadro 17"A": Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados para el control de patógenos del suelo en Arveja China. Finca Florencia 1994.

RUBRO	TRATS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Renta de la Tierra		894.00	894.00	894.00	819.50	819.50	819.50	745.00	745.00	745.00	596.00	596.00
Desinfestación o colocado y quitado de plásticos		180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	60.00	---
Insumos		6622.76	6191.03	5975.17	6622.76	6191.03	5975.17	6622.76	6191.76	5975.17	5188.00	4897.60
Cuido de cubiertas plásticas		120.00	120.00	120.00	90.00	90.00	90.00	60.00	60.00	60.00	---	---
TOTAL DE COSTOS QUE VARIAN (Q/ha)		7816.76	7385.03	7169.17	7712.26	7280.53	7064.67	7607.76	7176.03	6960.17	5844.00	5493.60
Rendimiento (Kg/ha)		2956.06	3220.11	4072.78	2931.25	3350.18	3728.75	3507.50	3917.16	3355.45	2946.36	2556.02
Beneficio Bruto (rend. x precio) (Q)		16258.33	17710.61	22400.29	16121.88	18425.99	20508.13	19291.25	21544.38	18454.98	16204.98	14058.11
BENEFICIO NETO (Q)		8441.57	10325.58	15231.12	8409.62	11145.46	13443.46	11683.49	14368.35	11494.81	10360.98	8564.51

1 = 8/2.00 2 = 8/1.50 3 = 8/1.25
 4 = 6/2.00 5 = 6/1.50 6 = 6/1.25
 7 = 4/2.00 8 = 4/1.50 9 = 4/1.25
 10 = T. Químico 11 = T. Absoluto

Precio de venta = 5.50 Q./Kg

Cuadro 18"A": Análisis de Dominancia para los tratamientos bajo estudio. Finca Florencia 1994.

Tratamiento	Costo Variable	Beneficio Neto
Test. Absoluto	5493.60	8564.51
Test. Químico	5844.00	10360.98
4/1.25	6960.17	11494.81
6/1.25	7064.67	13443.46
8/1.25	7169.17	15231.12
4/1.50	7176.03	14368.35 D
6/1.50	7280.53	11145.46 D
8/1.50	7385.03	10325.58 D
4/2.00	7607.76	11683.49 D
6/2.00	7712.26	8409.62 D
8/2.00	7816.76	8441.57 D

D = tratamientos dominados, los cuales son descartados de la parte final del Análisis Marginal o sea de la determinación de la Tasa Marginal de Retorno.

Cuadro 19"A": Datos climáticos promedios de los últimos 20 años, registrados en la estación "La Suiza Contenta", Sacatepéquez. 1994.

Mes	Precip. mm	Temp. °C Prom.	Brillo Solar ho/d	Radac. Solar cal/cm ² /día
Enero	2.2	10.7	8.1	416.09
Febrero	6.8	11.2	8.1	449.13
Marzo	11.1	12.4	8.1	481.00
Abril	18.4	13.7	7.5	468.69
Mayo	122.1	13.5	6.3	418.88
Junio	206.2	13.1	4.9	357.22
Julio	152.5	12.7	6.0	402.57
Agosto	198.7	12.9	6.1	410.05
Septiembre	224.1	12.8	4.8	352.00
Octubre	71.6	12.5	5.7	368.77
Noviembre	16.8	11.4	7.1	392.27
Diciembre	5.3	11.4	7.6	388.27
Promedio	86.32	12.4	6.8	408.75



RHÔNE-POULENC AGROQUIMICA DE GUATEMALA, S. A.

8 semanas de exposición
LABORATORIO DE NEMATOLOGIA

Nombre de la Finca: FLORENCIA Lote o Pante: _____
 Localidad: _____ Nombre del Propietario _____
 Tipo de muestra: Suelo Raíz Otros: _____
 Cultivo: ARVEJA CHINA Fecha de Recibo: 26.10.93 Fecha de Entrega: 2.11.93

REPORTE DEL ANALISIS NEMATOLOGICO

No. 93.176

Nemátodos/100 ml de Suelo Nemátodos/100 grs de Raíz Quistes/1 Kg Suelo

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

Muestras	PAHELENCHOIDES	APHELENCHUS	TRICHODORUS	TYLENCHUS	* HETERODERA	MELOIDOGYNE	Total
1 (1.25)	195	91	65	52	--	--	403
2 (1.50)	52	52	--	26	--	--	130
3 (2.00)	104	260	78	26	39	91	598
4	78	52 DORYLAIMUS	--	78	260 XIPHINEMA		468

Observaciones: Para el control de nematodos fitoparasiticos se recomienda aplicar el nemátocida- insecticida de contacto
MOCAP 10 G a razón de 64kg/ha.

 ING. RENE L. CRUZ

6 semanas de exposición
LABORATORIO DE NEMATOLOGIA

Nombre de la Finca: FLORENCIA Lote o Pante: _____
 Localidad: SACATEPEQUEZ Nombre del Propietario JORGE GAITAN
 Tipo de muestra: Suelo Raíz Otros: _____
 Cultivo: ARVEJA CHINA Fecha de Recibo: 4.11.93 Fecha de Entrega: 10.11.93

REPORTE DEL ANALISIS NEMATOLOGICO No. 93.184

Nemátodos/100 ml de Suelo Nemátodos/100 grs de Raíz Quistes/1 Kg Suelo

Muestras	APHELENCHOIDES	TYLENCHUS	APHELENCHUS	TRICHODORUS	MELOIDOGYNE	XIPHINEMA	Total
1.2 (1.25)	689	52	910	52	--	--	1703
2.2. (1.50)	481	299	59	65	65	65	1508
3.2. (2.00)	91	--	130	--	--	--	221

Observaciones: Para el control de nematodos fitoparasitos: se recomienda aplicación de el nematicida- insecticida de
Contacto MOCAP 10 G. a razón de 64 Kg/ha.


 Ing René L. Cruz.



RHONE-POULENC AGROQUIMICA DE GUATEMALA, S. A.

4 semanas de exposición
LABORATORIO DE NEMATOLOGIA

Nombre de la Finca: FLORENCIA Lote o Pante: _____
 Localidad: SACATEPEQUEZ Nombre del Propietario: JORGE GAITAN
 Tipo de muestra: Suelo Raíz Otros: _____
 Cultivo: ARVEJA CHINA Fecha de Recibo: 18.11.93 Fecha de Entrega: 23.11.93

REPORTE DEL ANALISIS NEMATOLOGICO

NO. 93.194

Nemátodos/100 ml de Suelo Nemátodos/100 grs de Raíz Quistes/1 Kg Suelo

Muestras	Aphelenchoides	Aphelenchus	Tylenchus	Trichodorus	Longidorus		Total
8 (1.25)	442	182	52	--	--	--	676
9 (1.50)	234	273	78	--	--	--	585
10 (2.00)	91	--	52	78	39	--	260
11 (Test)	260	91	104	--	26	--	481

Observaciones: Para el control de nemátodos fitparasiticos se recomendada aplicación de el nematicida- insecticida de contacto MOCAP 10 G , a razón de 64 KG/ha.


ING. RENE L. CRUZ

Después de Solarizar
LABORATORIO DE NEMATOLOGIA

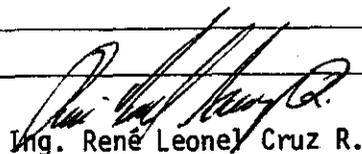
Nombre de la Finca: FLORENCIA Lote o Pante: _____
 Localidad: Sacatepéquez, Antigua Nombre del Propietario: Jorge Gaytan
 Tipo de muestra: Suelo Raíz Otros: _____
 Cultivo: ARVEJA CHINA Fecha de Recibo: 11/01/94 Fecha de Entrega: 19/01/94

REPORTE DEL ANALISIS NEMATOLOGICO Análisis N° 94/004

Nemátodos/100 ml de Suelo Nemátodos/100 grs de Raíz Quistes/1 Kg Suelo

Muestras	Apelenchus	Apelenchoide	Trichodorus	Dorilaimus	Tylenchus	Fylenchorhynchos	Total
1 (8/2.00)	208	260	----	----	----	----	468
2 (8/1.50)	104	65	26	26	39	26	286
3 (8/1.25)	260	351	39	----	----	----	650
4 (6/2.00)	39	39	----	----	26	----	104
5 (6/1.50)	390	494	39	143	65	39	1,170
6 (6/1.25)	104	78	39	39	39	78 Meloidogyne	377
7 (4/2.00)	65	169	65	143	39	78 Tylenchor	559
8 (4/1.50)	156	234	39	65	39Criconemoides	442 Meloid.	975
9 (4/1.25)	325	39	169		130	39	702
10 (Test.)	247	104	117 Meloidogyne	117	91	26	702

Observaciones: Para el control de Nemátodos fitoparásitos, se recomienda el Nematicida-insecticida de contacto MOCAP 10 G.
a razón de 64 Kg./Ha.



Ing. René Leone Cruz R.



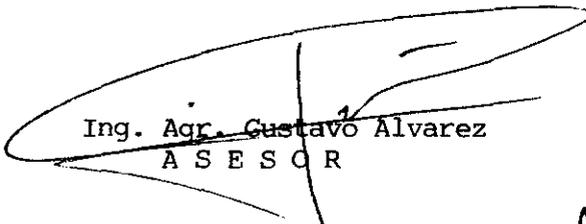
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE LA ARVEJA CHINA (Pisum sativum L.) DURANTE LOS MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE, EN EL MUNICIPIO DE SANTA LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ".

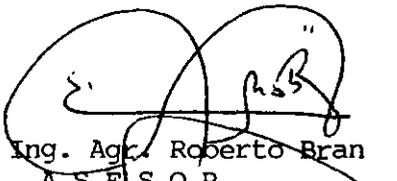
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JORGE MOISES GAITAN RAMOS

CARNET No. 88-16733

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edil Rodríguez
Ing. Agr. Jenner Ordóñez
Ing. Agr. Aníbal Sacabajá

Los Asesores 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.

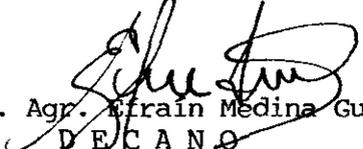

Ing. Agr. Gustavo Alvarez
A S E S O R


Ing. Agr. Roberto Bran
A S E S O R


Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


Ing. Agr. Eirain Medina Guerra
D E C A N O



c.c.Control Académico
Archivo
/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA
TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675

