

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

"EVALUACION DE CUATRO PERIODOS DE SOLARIZADO, ENCALADO Y SUS
COMBINACIONES, PARA EL CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS
(*Plasmodiophora brassicae* Woronin) EN BROCOLI (*Brassica oleracea* L. var.
itálica Plenck) EN EL TEJAR, CHIMALTENANGO."

TESIS

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

POR

HECTOR LEONEL PAZ KROELL

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1996.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

01
T(1640)
C. 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	ING. AGR.	ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL PRIMERO:	ING. AGR.	JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO:	ING. AGR.	WILLIAM ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO:	ING. AGR.	CARLOS ROBERTO MOTTA
VOCAL CUARTO:	P. AGR.	HENRY ESTUARDO ESPAÑA MORALES
VOCAL QUINTO:	Br.	MYNOR JOAQUIN BARRIOS OCHAETA
SECRETARIO:	ING. AGR.	GUILLERMO MENDEZ BETETA

Guatemala, noviembre de 1996

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

Señores miembros:

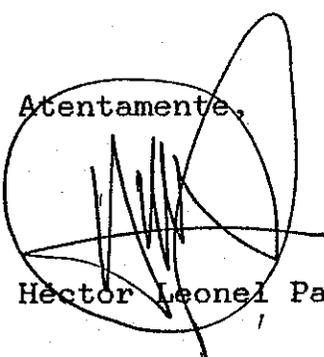
De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACION DE CUATRO PERIODOS DE SOLARIZADO, ENCALADO Y SUS COMBINACIONES PARA EL CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) EN BROCOLI (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) EN EL TEJAR, CHIMALTENANGO."

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

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para la aprobación, me suscribo,

Atentamente,



Héctor Leonel Paz Kroell

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Por que solo por medio de EL pude
cumplir con mis metas trazadas

MIS PADRES Héctor Manuel Paz Sánchez
Clara Kroell de Paz, por sus esfuerzos
y sacrificios

MIS ABUELOS Otto Kroell Minera (Q.E.P.D)
Regina López
José Antonio Paz (Q.E.P.D)
Eloísa Sánchez (Q.E.P.D)

MIS HERMANOS Sonia, Carmen y Otto, con especial
cariño.

MIS SOBRINOS Jorge Antonio, Carmen María
y Andreita, con amor.

MI FAMILIA EN GENERAL Con especial agrado y aprecio.

MIS AMIGOS Y COMPANEROS Muestras de agradecimiento y simpatía
Especialmente a Edgar
Castillo, Héctor Sánchez y Sergio
López, por su amistad sincera.

CAPITULO GUATEMALA
(FIHNEC) Con el amor de Cristo Jesús.

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA.

SAN JOSE, EL RODEO, SAN MARCOS.

FRATERNIDAD INTERNACIONAL DE HOMBRES DE NEGOCIOS
DEL EVANGELIO COMPLETO. (FIHNEC)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

FACULTAD DE AGRONOMIA.

TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN UNA Y OTRA
FORMA A CULMINAR MIS ESTUDIOS.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento sincero a mi asesor Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela por su valiosa asesoría y orientación para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Empresa OLEFINAS, S.A. principalmente al Ing. Agr, Roberto Bran, por la valiosa colaboración en las películas de polietileno "Ecocontrol", utilizadas para el desarrollo de la investigación, así mismo por la asesoría brindada hacia mi persona.

Empresa AGRIPAN, S.A. especialmente al Ing. Agr. Oscar Merk y al señor Lucas Teleón por su colaboración prestada para el desarrollo del experimento.

PROMOAGRO, S.A. al Ing. Agr. Miguel A. Cifuentes y al señor Enrique Piosch.

Tecnología Alternativa (ALTERTEC), especialmente al Ing.Agr. Rafael Solórzano, por su apoyo económico.

I N D I C E

INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	xi
1. INTRODUCCION.....	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEORICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1 CULTIVO DEL BROCOLI.....	3
3.1.1.1 Importancia nutricional.....	3
3.1.1.2 Importancia económica.....	3
3.1.1.3 Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
3.1.2 HERNIA DE LAS COLES.....	5
3.1.2.1 Clasificación taxonómica.....	5
3.1.2.2 Importancia de la enfermedad.....	5
3.1.2.3 Sintomatología.....	6
3.1.2.4 Desarrollo del patógeno.....	6
3.1.2.5 Desarrollo de la enfermedad.....	7
3.1.2.6 Condiciones favorables para el desarrollo del hongo.....	7
3.1.3 SOLARIZACION.....	7
3.1.3.1 Reseña histórica.....	7
3.1.3.2 Definición.....	8
3.1.3.3 Principio de la solarización.....	9
3.1.3.4 Temperaturas del suelo y periodos de exposición solar..	9
3.1.3.5 Humedad del suelo.....	10
3.1.3.6 Intensidad de la radiación solar.....	10
3.1.3.7 Tipo y grosor del plástico.....	11
3.1.3.8 Condiciones para la solarización.....	11
3.1.3.9 Plagas principales controladas en la solarización.....	12
3.1.3.10 Solarización en la fertilidad de los suelos y rendimientos de los cultivos.....	14
3.1.3.11 Ventajas del solarizado.....	15
3.1.3.12 Limitaciones.....	15
3.1.4 ENCALADO.....	16
3.1.4.1 pH o Reacción del suelo.....	16
3.1.4.2 Importancia.....	16
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	17
4. OBJETIVOS.....	19
5. HIPOTESIS.....	20
6. METODOLOGIA.....	21
6.1 Metodología experimental.....	21
6.2 Material experimental.....	22
6.3 Descripción de los tratamientos.....	22
6.4 Variables respuesta.....	23
6.4.1 Incidencia de la enfermedad.....	23
6.4.2 Rendimiento en kilogramos por hectárea.....	23

6.5	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	23
6.5.1	Preparación del terreno.....	23
6.5.2	Riego.....	23
6.5.3	Control de plagas, enfermedades y fertilización.....	24
6.5.4	Control de malezas.....	24
6.6	ANÁLISIS DE DATOS.....	24
6.6.1	Análisis de varianza.....	24
6.6.2	Análisis económico.....	24
7.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
7.1	Incidencia de la enfermedad.....	25
7.2	Rendimiento.....	30
7.3	Inicio y duración de la cosecha.....	33
7.4	Análisis económico.....	34
8.	CONCLUSIONES.....	36
9.	RECOMENDACIONES.....	37
10.	BIBLIOGRAFIA.....	38
11.	APENDICE.....	40

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1	Efectos del solarizado en el control de la incidencia de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin, en el cultivo de brócoli, para los tratamientos evaluados.....	27
FIGURA 2	Efecto del solarizado en los rendimientos (Kg/ha) en el cultivo de brócoli, para los tratamientos evaluados.....	32
FIGURA 3"A"	Ubicación geográfica del área experimental en la empresa Agriplán. El Tejar, Chimaltenango.....	41
FIGURA 4"A"	Croquis de la distribución de los tratamientos en el área experimental.....	42

INDICE DE CUADROS.

CUADRO 1	Contenido nutritivo de 100 grs de brócoli.....	4
CUADRO 2	Descripción de los tratamientos evaluados durante el experimento.....	22
CUADRO 3	Respuesta de la incidencia de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin, a los tratamientos de solarizado, encalado y sus combinaciones.....	26
CUADRO 4	Pruebas de tukey para la variable incidencia de los tratamientos con arreglo combinatorio y períodos de Solarizado evaluados.....	29
CUADRO 5	Respuesta del rendimiento a los tratamientos de solarizado, encalado y sus combinaciones para el control de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin en brócoli	30
CUADRO 6	Pruebas de tukey para la variable rendimiento (Kg/ha) de los tratamientos con arreglo combinatorio y períodos de solarizado evaluados.....	33
CUADRO 7	Tasa Marginal de Retorno (TMR) para los tratamientos seleccionados en el análisis de dominancia.....	35
CUADRO 8"A"	Porcentajes de incidencia obtenidos en relación al número de plantas enfermas y total de plantas/unidad experimental.....	43
CUADRO 9"A"	Análisis de varianza para la variable incidencia para los tratamientos evaluados.....	43
CUADRO 10"A"	Análisis de varianza para la variable incidencia en relación al arreglo combinatorio y períodos de solarizado evaluados.....	43
CUADRO 11"A"	Análisis de varianza para la variable rendimiento expresado en kilogramos/hectárea para los tratamientos evaluados.....	44
CUADRO 12"A"	Análisis de varianza para la variable rendimiento en relación al arreglo combinatorio y períodos de solarizado evaluados.....	44
CUADRO 13"A"	Respuesta a la solarización de días e inicio de cosecha y días de corte de los tratamientos para el control de la hernia.....	44

CUADRO 14"A"	Costos variables por hectárea del cultivo del brócoli, relacionados con los tratamientos para el control de la hernia de las crucíferas <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin, en brócoli, El Tejar, Chimaltenango, 1996...	45
CUADRO 15"A"	Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados para el control de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin..	46
CUADRO 16"A"	Análisis de dominancia para los tratamientos bajo estudio.....	47
CUADRO 17"A"	Análisis físico de suelos, del terreno experimental en donde se realizó la investigación. El Tejar, Chimaltenango.....	47
CUADRO 18"A"	Datos de campo de número de plantas enfermas y rendimientos obtenidos por los tratamientos evaluados en el control de la hernia de las crucíferas (<i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin) en el cultivo del brócoli. El Tejar, Chimaltenango. 1996.....	48

"EVALUACION DE CUATRO PERIODOS DE SOLARIZADO, ENCALADO Y SUS COMBINACIONES PARA EL CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) EN BROCOLI (*Brassica oleracea* L. var. itálica Plenck) EN EL TEJAR, CHIMALTENANGO".

"EVALUATION OF FOUR PERIODS OF SOIL SOLARIZATION, LIMING, AND THEIR COMBINATIONS IN CLUBROOT CRUCIFER (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) CONTROL METHODS IN BROCCOLI CROP (*Brassica oleracea* L. var. itálica Plenck) AT TEJAR, CHIMALTENANGO".

"RESUMEN"

La enfermedad de la hernia de las crucíferas está afectando severamente al cultivo del brócoli y su diseminación es cada vez mayor en las principales zonas brocoleras del altiplano de Guatemala. (3)

La eficiencia de la solarización del suelo como método físico para el control de la enfermedad, es una nueva alternativa que ha sido comprobada y recomendada en el país. (7, 15)

El estudio consistió en evaluar 4 periodos de solarizado, para determinar el tratamiento ideal en el control de la enfermedad con un período mínimo de exposición solar. Se realizó durante el período de octubre/95 a marzo/96, en la finca AGRIPLAN, S.A., ubicada en El Tejar, Chimaltenango, con el apoyo de OLEFINAS, S.A., PROMOAGRO S.A., Tecnología Alternativa (ALTERTEC), y el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

Se evaluaron 10 tratamientos: 4 periodos de Solarizado y 4 de Solarizado-encalado a 8, 6, 4 y 2 semanas; un encalado y un testigo absoluto. Se utilizó un diseño experimental, bloques al azar, con 3 repeticiones. Además, un análisis estadístico para el arreglo combinatorio Solarizado-encalado. Las variables respuesta fueron: Incidencia del hongo y rendimiento en kilogramos por hectárea.

Los valores obtenidos de incidencia y rendimientos muestran la eficiencia del solarizado y el encalado como métodos de control de la hernia de las crucíferas, en donde los mejores tratamientos constituyeron los tratamientos de Solarizado-encalado a 8 y 6 semanas, el encalado y los de Solarizado individual a 8 y 6 semanas. También se determinó la eficiencia del solarizado al aplicar el encalado como tratamiento combinado. Así mismo se concluyó que el período mínimo de exposición al solarizado con un control eficiente de la enfermedad es a un total de 6 semanas, con incidencias presentadas de 0.21% para Solarizado simple y 0.63% para el Solarizado combinado, con un promedio de 0.42%.

Económicamente, el mejor tratamiento fue el de Solarizado a 8 semanas con TMR de 107.63%. Finalmente se recomienda, realizar otros estudios en espacio y tiempo diferentes (clima, suelo e intensidad lumínica) y evaluar el período de eficiencia para obtener una Tasa Marginal de Retorno (TMR) real del cultivo para un período mínimo de dos años.

I. INTRODUCCION.

La solarización del suelo es una alternativa moderna aprovechada para el control de enfermedades y plagas del suelo. La tecnología de este método ha sido introducida con éxito en Guatemala y su eficiencia como método físico para el control de la hernia ha sido comprobada con un 100% de control. (6, 7, 15, 19)

El brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) es un cultivo de importancia económica para Guatemala, por ser un producto de exportación, las cuales, en 1995, revasaron las 7 mil toneladas. Este cultivo es afectado severamente por la enfermedad de la hernia de las crucíferas, cuyo agente causal es el hongo (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) y en donde su distribución geográfica ha sido determinada en 7 departamentos del país. (3, 10)

En el altiplano central, específicamente en El Tejar, Chimaltenango, existen altas incidencias de la enfermedad y para contrarrestarla, ha sido a través de métodos químicos, sin embargo, el uso de plaguicidas químicos no ha sido eficiente. Esto debido, principalmente, a que las esporas como estructuras de sobrevivencia, permanecen latentes en el suelo o en reposo por largos años, lo que hace que su control sea difícil. Además el uso de éstos es muchas veces inconveniente, debido a que son sumamente tóxicos para los humanos y animales benéficos, crean residuos tóxicos para el suelo y plantas, difíciles de manipular y el uso intensivo genera altos costos en su aplicación. (1,3,6)

La presente investigación fue realizada en el municipio de El Tejar, Chimaltenango, durante el período de octubre/95 a marzo/96, en un área con antecedentes de altos índices de la enfermedad.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA.

La hernia de las coles, *P. brassicae* (Woronin), principal enfermedad del brócoli (*Brassica oleraceae* L. var. *itálica* Plenck) causa daños severos al cultivo. Al final de la cosecha existen altas incidencias del hongo, ocasionando graves perjuicios económicos al agricultor debido a que entre un 60 - 70 % de la producción es destruida, o en casos extremos, su totalidad. (1, 21).

Los plasmodios, al multiplicarse y difundirse en la célula huésped, causan hipertrofia e hiperplasia, destruyendo el floema y los vasos xilemáticos, que afecta el transporte del agua y minerales a través del sistema radicular que resulta en enanismo y marchitez de la planta. (1,21).

El método del control por medio de plaguicidas químicos es el más utilizado en mayor grado por los productores, con altas aplicaciones de fungicidas, sin tomar en cuenta el aumento de los costos, la contaminación del ambiente, interferencia en el control biológico, acumulación de residuos tóxicos para el consumidor y las alteraciones graves de salud a las personas que están relacionados con la aplicación. Los efectos negativos de mayor trascendencia a largo plazo, es el impacto ecológico sobre los agro-ecosistemas, sobre el agua, sobre el suelo y la disminución de la capa de ozono.

3. MARCO TEORICO.

3.1 MARCO CONCEPTUAL.

3.1.1 CULTIVO DEL BROCOLI.

El brócoli es un hortaliza originaria del mediterraneo y Asia menor que se cultiva por la producción de brotes y flores para su consumo en fresco y congelado. (2,4).

Botánicamente se le donomina como *Brassica oleracea* L. var. itálica (Plenck), pertenece a la subclase IV, Delleniidae, orden caparales y a la familia cruciferae o brassicaeae del grupo de las coles. (4).

La planta produce brotes o inflorescencias en forma de cabezas aéreas de color verde azulado, de crecimiento erecto, alcanzando alturas que oscilan entre los 50 y 70 cm. La inflorescencia es finamente granulada y su diámetro oscila entre 12 a 15 cm. (4)

3.1.1.1 Importancia nutricional.

Es bien conocida la importancia del brócoli como complemento necesario en la alimentación humana, constituyendo una rica fuente de minerales y vitaminas indispensables para el organismo humano. Y esto sin olvidar la importancia que tienen los vegetales, principalmente las hortalizas, como reguladores de la digestión intestinal del hombre (2). En el cuadro 1 se observan los principales elementos nutritivos del cultivo.

3.1.1.2. Importancia económica:

Las hortalizas son beneficiosas en las regiones donde se cultiva por las siguientes razones:

- a. Son cultivos de alta rentabilidad, que le permiten al agricultor obtener mayores ingresos por unidad de área y mejorar sus condiciones socioeconómicas.

CUADRO 1. Contenido nutritivo de 100 gr de brócoli.

Elemento	Contenido
Humedad	80 %
Proteínas	3 gr
Carbohidratos	6 gr
Ca y Mg	130 mg
Fósforo	76 mg
Hierro	1 ppm
Vitamina A	35,000 UI
Vitamina B	0.1 mg
Vitamina C	118 mg

Fuente: Tabla de composición de alimentos.
Universidad Agrícola La Molina. Perú 1978.

b. Contribuyen a diversificar la dieta familiar y a mejorar la salud por su alto contenido nutritivo.

c. Constituyen una alternativa más para diversificar la producción y los ingresos.

La importancia económica del brócoli se debe actualmente a su demanda en el mercado internacional. El destino para los Estados Unidos es de más del 80% de la exportación y el resto para algunos países europeos. (10)

Se ha estimado un rendimiento promedio de 7800 kg/ha. En 1994, las exportaciones hacia los Estados Unidos y otros países, revasaron las 7 mil toneladas, con un valor de 25 millones de quetzales. (10)

San Marcos, Quezaltenango, Sololá, Quiché, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Jalapa, Alta y Baja Verapáz, son zonas brocoleras tradicionales de Guatemala. En otras zonas con climas adecuados para el desarrollo del cultivo, existen prácticas de siembra del mismo, pero en menor producción. Existen plantas de procesamiento en donde se llevan a cabo actividades de clasificación, empaque y embarque, siendo por ello, el brócoli, un cultivo que actualmente tiene gran importancia socio-económica en Guatemala. (3,12)

3.1.1.3 Requerimientos climáticos y edáficos.

El brócoli es una hortaliza que requiere climas frescos o templados, y bajo ciertas condiciones se da en climas que tienden a ser cálidos. La temperatura óptima oscila entre 15 y 18 °C para la mayoría de ellas, y la temperatura ideal para la germinación está entre 25 y 30 °C. (4).

Aun cuando algunos cultivos hortícolas, dentro de éstos, el brócoli, se adaptan a una gran variedad de tipos de suelos, que fluctúan desde los muy livianos (arenosos) hasta los muy pesados (arcillosos), prosperan mucho mejor en los suelos de textura franca. Deben además poseer altos contenidos de materia orgánica y suficientes nutrimentos capaces de conferirles características físicas y químicas deseables (4).

3.1.2 HERNIA DE LAS COLES

3.1.2.1 Clasificación taxonómica:

El hongo responsable de la enfermedad llamada hernia o nudo de la raíz de las crucíferas, es denominado como *Plasmodiophora brassicae* (Woronin), cuya clasificación taxonómica es la siguiente:

Clase:	Phycomycete
Subclase:	Plasmodiophoromycetidae
Orden:	Plasmodiophorales
Familia:	Plasmodiophoraceae
Género:	<i>Plasmodiophora</i>
Especie:	<i>brassicae</i> (17)

3.1.2.2 Importancia de la enfermedad:

La hernia es una enfermedad ampliamente difundida en muchos países de Europa y América donde ocasiona serios daños a la economía. Esta enfermedad fue estudiada por vez primera en 1872 por Woronini, quien reportó que la espora infecciosa era una zoospora con un flagelo, pero en 1934, Ledingham demostró la existencia de un segundo flagelo más corto (21).

En Guatemala, la enfermedad se ha diseminado en forma acelerada. En 1995 se determinó su distribución geográfica en 7 departamentos de la república, generalmente en el altiplano central y zona central. Se encontró hernia en San Marcos, Quezaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéques, Guatemala y Jalapa. Algunas empresas congeladoras, como Agriplan, S.A. han reportado que la enfermedad se ha extendido muy rápidamente apareciendo en áreas que anteriormente no tenían este problema. (3)

3.1.2.3 Sintomatología:

Las plantas afectadas manifiestan marchitamiento y clorosis de la parte aérea, siendo más marcada en horas de mayor intensidad solar, pero pueden recuperarse durante la noche. Cuando se arranca la raíz se presenta con tumores, o hinchamientos en forma de huso. En el caso de la raíz principal, este es globoso y de un diámetro de 2 a 5 cm, mientras que en la secundarias, son alargados. Como consecuencia, el desarrollo del eje principal queda detenido, dando lugar a la producción de numerosas raicillas anormales, largas y fibrosas. Las plantas muestran al inicio un vigor normal, pero gradualmente se va produciendo un enanismo. La enfermedad al marcarse severamente, puede incluso causar la muerte en la planta (1,21).

3.1.2.4 Desarrollo del patógeno:

El hongo *Plasmodiophora brassicae* (Woronin) es un moho mucilaginoso cuyo soma es un plasmodio que produce esporas latentes o zoosporangios, que cuando germinan producen zoosporas. Estas, penetran en los pelos radiculares de la planta huésped formando un plasmodio. En pocos días, el plasmodio se fragmenta en porciones multinucleadas que forman un zoosporangio. Estos zoosporangios salen del hospedero y cada uno de ellos libera de cuatro a ocho zoosporas secundarias. Algunas zoosporas forman cigotos y producen un nuevo plasmodio que forman nuevas esporas

latentes y son liberadas al suelo. (1)

3.1.2.5 Desarrollo de la enfermedad:

Los plasmodios se encuentran en las células corticales, donde se multiplican y para difundirse lo hacen a través de la división de la célula huésped causándoles hipertrofia e hiperplasia, que es un alargamiento y división excesiva de las células. Este crecimiento anormal destruye las células esclerenquimatosas y reduce el xilema, mientras que el floema aumenta proporcionalmente, ejerciendo cierta presión sobre los vasos xilemáticos, los cuales se comprimen y dislocan, por lo que se tornan menos eficientes para el transporte del agua y minerales a través del sistema radicular, dando como resultado, enanismo y marchitez de la planta. (1,21)

3.1.2.6 Condiciones favorables para el desarrollo del hongo:

Las condiciones favorables para el desarrollo del hongo es de una humedad del suelo mayor del 50% de la capacidad de campo (condición de elevada saturación), temperatura baja comprendida de 9 a 20 °C en el ambiente y en el suelo de 9 a 30 °C., humedad relativa de un 80 a 85 % y pH de 5 a 7. Cuando todos estos factores llegan a conjugarse, la infección puede alcanzar incidencias hasta un 100%. (1, 21)

3.1.3 SOLARIZACION.

3.1.3.1. Reseña histórica:

La solarización tiene su origen recientemente para la aplicación en la agricultura. Al inicio, cubiertas plásticas fueron utilizadas para formar una barrera protectora contra heladas o incrementos de temperaturas del suelo, que afectaban el crecimiento de las plantas. Cuando se usó por primera vez el polietileno negro, el fin cambió para evitar la evaporación del suelo, control de malezas, mejoramiento de suelos, disminución de erosión por pendientes altas. (6)

Una publicación en 1976 por Yaacov Katan y colaboradores, en Israel, iniciaron una nueva era y acercamiento en la solarización para el control de enfermedades y plagas de plantas al usar películas transparentes evitando el control químico. Posteriormente publicaron otros artículos en donde mencionan el efecto potencial del control de enfermedades a través de métodos físicos y no de los químicos. (6,19)

El primer uso de la solarización del suelo fue fundamentalmente para la desinfección del suelo contra patógenos y plagas antes de la plantación, sin embargo, en una urgente necesidad en California, para el control de *Verticillium* en huertos establecidos, Ashworth fue uno de los pioneros. Trabajos posteriores por Stapleton y Tjamos *et al* confirmaron la efectividad del solarizado en la post-siembra. (6)

3.1.3.2 Definición.

La solarización del suelo es un proceso hidrotérmico basado en la utilización de películas de polietileno transparentes dispuestas sobre la superficie de suelo ya preparado y húmedo, expuestas a la radiación solar durante los meses de mas altas temperaturas. (6,19)

En este proceso, se crean condiciones altas de temperaturas en el suelo por el paso de la radiación solar a través de las cubiertas, que son absorbidas por el suelo húmedo, principalmente en el período de pre-siembra o pre-plantación para controlar un buen número de plagas y enfermedades del suelo (hongos, bacterias, nemátodos, malezas, etc). (6,19)

Las capas pueden dejarse sobre el suelo por un período desde 4 ó 6 semanas recomendablemente, sin embargo, por existir algunos organismos resistentes, éste se puede prolongar hasta 8 semanas. Pasado el período indicado, el suelo se descubre y se procede a la siembra. (6,19)

El método es usado principalmente en época o meses de mayor calor o de altas temperaturas, sin embargo, estudios recientes indicaron que en

época fría o invernal, se obtienen resultados satisfactorios. (16)

Finalmente, el éxito de la solarización dependerá principalmente de los factores como: Radiación solar, humedad del suelo, tiempo de solarización, películas de polietileno, así como de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (6)

3.1.3.3 Principios de la solarización:

El éxito de la solarización está basado en el hecho de que la mayoría de organismos fitopatógenos del suelo, tiene carácter mesofílico. Estos son incapaces de crecer a temperaturas por encima de 31 °C ó 32 °C., son eliminados directa o indirectamente por las temperaturas alcanzadas durante el calentamiento solar del suelo húmedo bajo las capas de polietileno, el cual restringe el escape de gases y vapor de agua del suelo. (6,19)

Algunos microorganismos termotolerantes y termofílicos, usualmente sobreviven al proceso de solarización, sin embargo, todos, si no son directamente inactivados por el calor, pueden ser sensibles y vulnerables a cambios en las poblaciones de otros organismos benéficos que ejercen una forma de control biológico sobre ellos. (6)

3.1.3.4 Temperaturas del suelo y períodos de exposición:

El control de los fitopatógenos del suelo durante la solarización depende de la temperatura y la duración del período de exposición, que son dos variables inversas.

La temperatura del suelo es importante en la solarización. Para organismos mesofílicos, una temperatura arriba de 37 °C, es crítica, dependiendo de la profundidad del suelo.

La acumulación de calor a estas temperaturas sobre un tiempo establecido, es letal para los microorganismos. Con incrementos de temperaturas, menor tiempo es requerido para alcanzar un control efectivo. Una temperatura mortal, arriba de 37 °C, puede resultar en un

ED90, requiriendo una exposición de 2 a 4 semanas, mientras que a 47 °C, a 6 horas de exposición, han dado resultados en un ED90. (6).

El calentamiento del suelo por la solarización es mayor en la superficie y decrece con la profundidad. Temperaturas máximas se encuentran comúnmente entre 42 a 55 °C a 5 cm de profundidad y rangos de 32 a 36 °C a 45 cm. Estudios realizados indican que el control es comúnmente entre 10 a 30 cm. (19).

3.1.3.5 Humedad del suelo:

El efecto hidrotermal dentro de la solarización, en la desinfección de los suelos, es también importante, junto con la temperatura.

Siendo la solarización un proceso hidrotermal, el éxito de ésta depende principalmente, de la humedad del suelo, para una máxima transferencia de calor. Además, la temperatura máxima del suelo se incrementa con la humedad. Actividades celulares de semillas y de crecimiento de microorganismos son favorecidos por la humedad, haciendo a éstos más vulnerables al efecto letal de altas temperaturas asociadas con la solarización. (6)

La solarización del suelo es más efectiva cuando éste es saturado con agua a una capacidad de campo de 70% en la capa superior hasta una profundidad de 60 cm. La humedad conduce calor entre el suelo que provoca un incremento de sensibilidad térmica de los microorganismos haciéndolos más vulnerables al calor. (20)

3.1.3.6 Intensidad de la radiación solar:

La cantidad de radiación solar disponible en una región tiene un efecto positivo para el control de patógenos del suelo por medio de la solarización.

Por lo general, a mayor intensidad de radiación solar, se obtiene una mayor temperatura del suelo y por lo tanto, una alta reducción en las poblaciones de organismos fitopatógenos y semillas de malezas. (19)

La solarización es más efectiva en localidades y épocas cuyos climas son cálidos o calurosos, con días largos, altas temperaturas del medio y del suelo, y sin vientos fuertes. Sin embargo, se han obtenido buenos resultados en estudios recientes, al emplear el método durante épocas frías e invernales en Costa Rica (16) y en Guatemala, principalmente en el altiplano central, específicamente en Sacatepéquez (7) y Chimaltenango. (15)

3.1.3.7 Tipo y grosor del plástico:

La película de polietileno claro es ideal para el calentamiento solar del suelo, porque es esencialmente transparente para la radiación solar (280 a 2500 nm). (6)

Es uno de los materiales más usados en el solarizado por su alta transparencia. Es de bajo costo, fácil proceso, excelente resistencia química, reflexión y flexibilidad. Resiste bien a los efectos mecánicos del viento, granizo, etc., libre de olor y toxicidad, baja permeabilidad al vapor de agua y a la existencia de capas delgadas y transparentes. (13,14)

Los plásticos cristalinos muestran el mayor porcentaje de transmitancia en el espectro visible y en el infrarrojo corto de la radiación solar. A si mismo, las experiencias indican que plásticos más delgados son más eficientes que los de mayor espesura debido a que se adhieren mejor a la superficie del suelo y evitan la presencia de bolsas de aire que ocasionarían el enfriamiento del mismo. (6,19)

3.1.3.8 Condiciones para la solarización:

Para que la técnica de la solarización de los suelos tenga éxito, en resumen, se deben de dar las siguientes condiciones:

a. Suelo bien preparado con arado y rastra para evitar agregados que disminuyan la capacidad conductora del suelo. Al colocar la lámina, evitar la formación de bolsas de aire, las cuales reducirían la

conducción del calor. (13,14)

b. Altas temperaturas en el suelo se logran cuando la humedad del suelo es suficiente. El riego 2 ó 3 días antes del solarizado es necesario, a una saturación y capacidad de campo del 70%. Esta humedad es necesaria para incrementar la sensibilidad del resto de las estructuras del suelo y trasladar el efecto a mayores profundidades. (6,13,19)

c. Las películas de polietileno transparentes son las más recomendadas para la solarización y que sean lo más delgado posible para que transmitan la mayor cantidad de radiación solar hacia el suelo.

d. La solarización funciona más efectivamente en localidades y épocas de mayor radiación solar. Sin embargo se han obtenido resultados en ensayos bajo condiciones de nubosidad y temperaturas frías. (7,15,16)

3.1.3.9 Plagas principales controladas por la solarización:

a. Hongos fitopatógenos:

Con el solarizado se ha reducido la enfermedad de judía enana causada por *Sclerotium rolfsii* (Sacc) cabeza pequeña y pudrición de lechuga por *Seclerotinia minor* (Jagger) y *Rhizoctonia solani* (Kuhn). (6)

Su utilización como método de combate de enfermedades se ha podido comprobar en cultivos tales como tomate, berenjena y papa, en los cuales ha producido una reducción significativa de *Verticillum sp.* En papa y cebolla disminuyó el ataque de *Rhizoctonia solani* (Kuhn) y en algunos ensayos con maní y melón se observó un combate de *S. rolfsii* (Sacc) y *Fusarium sp.* (16)

En arveja china, en Sacatepequez, Guatemala, hongos como *Fusarium solani* (Mart), *Rhizoctonia solani* (Kuhn), *Fusarium oxysporum* (Shlechtend) y *Ascohyta sp* fueron controlados en promedio y en mayor proporción por los tratamientos de solarizado, en 82.69%, 73.69%, 73.06% y 71.41%,

respectivamente. (7)

El hongo *Plasmodiophora brassicae* (Woronin) que causa la enfermedad denominada hernia de las crucíferas, cuyo principal daño es al cultivo del brócoli, ha sido disminuido en su incidencia hasta en un 100%, al aplicar el solarizado simple así como al utilizarlo en combinación con encalado, principalmente cal dolomítica, para elevar el pH necesario para que el hongo no sobreviva. (15)

b. Nematodos fitopatógenos:

El método del solarizado puede ser usado para el control de muchas especies de nemátodos. Sin embargo, no es para todos efectivo, debido a que son móvil y pueden recolonizarse en el suelo muy rápidamente. La mayoría de los estudios realizados están referidos a *Meloidogyne* una de las especies más importantes, sin embargo, en *Pratylenchus*, han revelado una mortalidad moderada de 50 y 60%, mientras que *Ditylenchus*, del 90%. (19)

Resultados recientes se han obtenido en el control de *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Longidorus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* y *Tylenchus*, en el cultivo de arveja china. (7)

c. Malezas.

Semillas de muchas malezas anuales y perennes han sido controladas mediante la solarización del suelo. (19)

El control de especies perennes es generalmente menos efectivo que las anuales debido a su sistema radicular y sus estructuras vegetativas están profundamente enterradas. (19)

Semillas de pasto bermuda, (*Cynodon dactylum* (L.) Pers), pasto johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers) son controladas efectivamente, sin embargo *Cyperus rotundus* (L), no es afectada significativamente. (19)

La solarización se ha mostrado efectiva contra malezas de los

géneros *Amaranthus*, *Anagallis*, *Avena*, *Capsella*, *Chenopodium*, *Convolvulus*, *Cynodon* y *Digitaria*. (16)

La presencia de malezas problema durante la solarización provoca efectos negativos sobre las películas al tener el riesgo de rotura de las mismas, al ejercer presión sobre los bordes y extremos, a medida que crecen éstas. Dentro de estas especies, la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y bleado (*Amaranthus spp*), son mas resistentes al solarizado. (7)

3.1.3.10 Solarización en la fertilidad de los suelos y rendimientos de los cultivos:

Aunque el calor generado en el suelo por la radiación solar resulta principalmente en el control de enfermedades y plagas, el aumento de nutrientes aprovechables por las plantas y el aumento de bacterias del tipo *Rhizobium* y *Bacillus*, contribuyen a un marcado incremento en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. (6)

Uno de los resultados más notables del calentamiento de los suelos es el incremento de las concentraciones de nutrientes minerales solubles. Cuando las temperaturas del suelo son elevadas por medio del solarizado, muchos de los microorganismos microbianos son muertos y degradados y liberan los nutrientes minerales. Cuando el suelo está húmedo, los nutrientes entran en la solarización del suelo. (6)

Con este método se dan incrementos importantes de nitrógeno (nitratos y nitritos), como resultado de la descomposición de la materia orgánica e incrementos en el contenido de la materia orgánica soluble. (6,13)

Además del nitrógeno, otros nutrientes minerales extractables como fósforo (P), Potasio (K^+), y calcio + magnesio ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) tienen a veces aumentos en sus concentraciones, además del incremento de los extractos saturados del suelo y conductividad eléctrica, que están en función de la

concentración total de sales solubles. (6,13)

Al aplicar los tratamientos de solarizado, en adición con concentraciones de cal dolomítica, se han obtenido rendimientos de 25,795.50 kg/ha comparado con los resultados del testigo que fueron de 13,000 kg/ha. (15)

3.1.3.11 Ventajas del solarizado.

a. El solarizado es un control múltiple de enfermedades, plagas, malezas, nematodos, etc., sin el uso de pesticidas, en donde no se producen daños por toxicidad al ambiente, al hombre, plantas y animales domésticos. (19)

b. Favorece el incremento de microorganismos benéficos, los cuales actúan como una forma de control biológico de patógenos del suelo. (6,19)

c. Mejora la fertilidad de los suelos al incrementar nitrógeno (NO_3 , NH_4), calcio, magnesio, potasio y materia orgánica soluble. Además se da un aumento de poblaciones de bacterias del género *Bacillus* que favorece en el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos.

d. Mejora las características físicas suelo, al cambiar la estructuras y aumentar la humedad de los mismos. (13)

e. Su bajo costo permite el uso de muchos cultivos y en áreas pequeñas no requiere de maquinaria sofisticada para su aplicación. (6,12)

3.1.3.12 Limitaciones.

a. Para áreas extensas, se necesita de maquinaria sofisticada para su aplicación. (19)

b. El terreno debe de estar fuera de producción durante el período en que se encuentre el proceso de solarización. Esto afectaría los costos de la rentabilidad del cultivo con el aumento de la renta de la tierra. (6,13)

c. Su uso puede limitarse a determinados agricultores que tengan los recursos económicos necesarios para la compra de la película de polietileno. (19)

d. Algunas plagas y patógenos son resistentes al control por presentar sobrevivencia a altas temperaturas durante el solarizado.

e. La mayoría de resultados óptimos se obtienen para aquellas áreas o localidades donde existen temperaturas y radiación solar adecuadas para una solarización efectiva.

3.1.4 ENCALADO:

3.1.4.1 pH ó reacción del suelo:

La acidez o alcalinidad del suelo influye mucho en el crecimiento de las hortalizas. El grado de pH constituye la reacción del suelo. El pH se determina por el logaritmo negativo de la actividad de iones de H^+ en la solución o suspensión (2,8). Un ácido es un compuesto que acepta un par de electrones y una base a aquellos ceden (8).

3.1.4.2 Importancia del encalado:

El encalado consiste en la adición de sustancias calizas al suelo para neutralizar su acidez o corregir su estructura. Los compuestos de calcio más utilizados son el carbonato cálcico (caliza o calcárea), cal viva (óxido cálcico) y cal apagada (2). La caliza que en su forma calcítica pura contiene 40%. Cuando el Mg está a un nivel mayor de 1.3% se habla de calizas dolomíticas y a más de 6.5% de Mg, el término es de dolomítica calcítica (8).

Se ha comprobado que aumentando el pH del suelo, los hongos fitopatógenos son controlados, siempre y cuando se aplique la dosis adecuada. La hernia es más prevalecte y severa a un pH cercano a 5.7, mientras que su desarrollo decae pronunciadamente entre 5.7 y 6.2 y se inhibe por completo a un pH de 7.8 (1).

La cantidad de cal que se ha de suministrar al suelo, depende de su composición química, de sus condiciones físicas, de las exigencias de los cultivos, de la periodicidad de su aplicación, del clima y de la finalidad de su aplicación (8).

3.2 MARCO REFERENCIAL.

Katan, fue el iniciador de los trabajos del solarizado, al publicar su primer informe referente al control de verticiliosis en jitomate y berenjena (14).

Existen muchos trabajos realizados en diferentes países para el control de plagas (insectos, nemátodos, hongos, malezas, etc.) en hortalizas. Estados Unidos, España, Israel y Costa Rica han publicado documentos sobre el control de patógenos del suelo como: *Verticillium* spp., *Rhizoctonia solani* (Kunhn), *Sclerotium rolfsii* (Sacc), *Fusarium* spp., y *Phytium* spp.; malezas como: *Amaranthus*, *Anagallis*, *Capsella*, *Chenopodium*, *Cynodon*, *Digitaria* y *Cyperus rotundus* L. y nemátodos como *Helicotylenchus* spp. (16).

En Guatemala, Gaitán (1994), en su trabajo de tesis, evaluó el método del solarizado, para el control de patógenos del suelo, en arveja china, con resultados en la disminución de los porcentajes de incidencia de *Fusarium solani* (Mart), *F. oxysporum* (Shlechtend), *Rizoctonia solani* (Kuhn) y *Ascochyta* sp., así como la reducción de población de algunos géneros de nemátodos como *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Longidorus* y *Trichodorus*, obteniéndose diferencias estadísticas entre los dos métodos de desinfestación evaluados (solarizado y químico) y el testigo absoluto. El método de desinfestación por solarizado consiguió un promedio de rendimiento de 3,906.23 kg/ha, con los tratamientos de menor porcentaje de incidencia y mejor resultado económico, para 8 y 6 semanas de exposición a la radiación solar. (7)

López Quiñonez (1995), realizó un ensayo para el control de la hernia de las coles (*P. brassicae Woronin*), con diferentes métodos de control como el químico y físico, en Patzicía, Chimaltenango. Dentro de los métodos físicos evaluados estuvieron, el solarizado, encalado y la combinación de ambos. Según los resultados obtenidos en rendimiento, fueron de 20,227.30 kg/ha para el solarizado simple, 19,742.40 kg/ha en el encalado, 25,795.50 kg/ha para la combinación del solarizado y encalado; mientras que el testigo presentó 16,162.90 kg/ha; se concluyó que éstos métodos físicos son una buena alternativa para el control de la enfermedad, siendo una de sus ventajas importantes, la de no contaminar el ambiente y no provocar daños al agroecosistema. (15)

El presente estudio se realizó en el municipio de El Tejar, Chimaltenango, específicamente en la finca experimental de la empresa AGRIPLAN, S.A.

Geográficamente se ubica entre las coordenadas 14°38'45" latitud Norte, 90°47'30" longitud Oeste, y altitud de 1765 msnm (11).

La zona de vida corresponde a la de Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical, representada en el mapa por el símbolo bh-MB, con temperaturas que van de 15 a 23 °C. La precipitación pluvial varía entre 1057 mm y 1588 mm con un promedio de 1344 mm de pp anual, distribuidos en los meses de mayo a octubre. La vegetación natural es pino con bosque mixto, con clima templado e invierno benigno (5).

Según Simmons *et al.* (28) los suelos del área corresponden a la serie Tecpán. Son suelos de la altiplanicie central, profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, con relieve de plano a ondulado, con buen drenaje interno. Las características del suelo superficial son: café oscuro; textura y consistencia, franco arenosa, friable, con espesor aproximado de 30 a 50 cm. (18)

4. OBJETIVOS

GENERAL:

Determinar la eficiencia de los métodos del solarizado y encalado, para el control de la hernia de las coles (*Plasmodiophora brassicae* Woronin), en brócoli (*Brassica oleracea* L. var. itálica Plenck).

ESPECIFICOS:

- 1 Determinar si el uso del encalado aumenta la eficiencia del solarizado en el control de la hernia de las crucíferas.
2. Determinar el período mínimo de exposición al solarizado, con mayor control de la hernia de la crucíferas, dentro del rango estudiado.
3. Determinar el período mínimo de la combinación solarizado-encalado que presenta un mejor control del hongo.
4. Determinar la eficiencia del encalado al aumentar el pH del suelo, para el control del patógeno que provoca la enfermedad de la hernia de las crucíferas.

5. HIPOTESIS.

1. El encalado aumenta la eficiencia del solarizado en el control de la enfermedad.
2. Existe un período mínimo de exposición del solarizado que presenta un mejor control de la hernia, dentro del rango estudiado.
3. Existe interacción entre el encalado y el solarizado en el control de la hernia de las crucíferas.

6. METODOLOGIA.

6.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL:

Para el estudio se empleó un diseño de bloques al azar, con 10 tratamientos y 3 repeticiones. El cuadro 2 resume los tratamientos evaluados. El distanciamiento de las plantas en campo definitivo fue de 0.5 m al cuadro, con un área para cada unidad experimental de 40 m².

Se emplearon dos modelos estadísticos. Uno para el análisis como experimento simple, tomando en cuenta el testigo y un segundo para el arreglo combinatorio solarizado-encalado, para evaluar la interacción entre cada uno de ellos, sin tomar en cuenta el encalado y testigo.

El modelo estadístico utilizado cuando se incluyó el testigo fue:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

Referencias:

- Y_{ij} = Variable respuesta
- M = Efecto de la media general
- T_i = Efecto del i...ésimo tratamiento
- B_j = Efecto del j...ésimo bloque
- E_{ij} = Error experimental en la ij...ésima unidad experimental

El modelo estadístico utilizado cuando se excluyeron los testigos fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + B_i + a_j + b_k + ab_{jk} + E_{ijk}$$

Referencias:

- M = Media general
- B_i = Efecto del i...ésimo bloque
- a_j = Efecto del j...ésimo modalidad del factor a
- b_k = Efecto del k...ésimo modalidad del factor b
- ab_{jk} = Efecto de la interacción ab
- E_{ijk} = Error experimental

CUADRO 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO
1	Solarizado - encalado 8 semanas
2	Solarizado - encalado 6 semanas
3	Solarizado - encalado 4 semanas
4	Solarizado - encalado 2 semanas
5	Solarizado 8 semanas
6	Solarizado 6 semanas
7	Solarizado 4 semanas
8	Solarizado 2 semanas
9	Encalado
10	Testigo

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.

- a. Semilla de brócoli, Marathon.
- b. Películas de polietileno transparente "Ecocontrol", calibre 0.03175 mm (1.25 milésima de pulgada).
- c. Cal dolomítica

6.3 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS.

A. Solarizado:

El polietileno, por cada tratamiento, fue colocado en forma escalonada, para evitar diferencias en el calendario de corte de las cabezas de brócoli. Es decir, existió una diferencia de colocación de 2 semanas entre cada tratamiento de solarizado.

Se usó una película de polietileno transparente calibre 1.25 mil (0.03175 mm). Cuatro días antes de colocar la lámina, se regó hasta llegar a capacidad de campo. Al colocar éstas, se recubrieron los extremos a modo que quedaran herméticamente selladas para evitar el escape de calor. Dos días antes del transplante se eliminaron las cubiertas.

B. Encalado:

Se realizó un análisis físico-químico del suelo y en base a éste, se determinó la dosis requerida de cal, por medio del método de Incubación

con Carbonato de Calcio. Según éste análisis, la cantidad requerida para elevar el pH a 7.1 fue de 4.5 toneladas métricas por hectárea. La aplicación del encalado se efectuó 8 semanas antes del transplante.

C. Solarizado-Encalado:

El procedimiento para estos tratamientos fue similar al descrito en el inciso a. El encalado se aplicó unas horas antes de la colocación de las películas, el cual se distribuyó en forma homogénea sobre la parcela experimental.

6.4 VARIABLES RESPUESTA:

6.4.1 Incidencia de enfermedad:

La lectura de la incidencia de la hernia de las crucíferas se realizó posterior a la cosecha, en todas las posturas de cada unidad experimental.

Para determinar el porcentaje de incidencia se utilizó la siguiente fórmula:

total de plantas enfermas.

Porcentaje de Incidencia(%I) = ----- X 100.

total de plantas/unidad exp.

6.4.2 Rendimiento en Kg/ha.

Se cosecharon todas las cabezas del brócoli, cuando estaban en su punto óptimo, según estándares de calidad de la empresa y luego se determinó el rendimiento en kilogramos por hectárea/tratamiento.

6.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO:

6.5.1 Preparación del terreno:

El terreno se preparó 2 meses antes de la siembra, para mullir bien el suelo, y así evitar agregados que disminuyeran la capacidad conductora del calor del suelo por medio del agua. Es por eso que éste fue llevado a capacidad de campo.

6.5.2 Riego:

Se efectuaron aplicaciones de riego, tomando en cuenta que el brócoli es un cultivo con bastante exigencia de humedad.

6.5.3 Control de plagas y enfermedades y Fertilización:

Estas dos actividades se desarrollaron según el manejo establecido que se le da al cultivo en la empresa donde se realizó el experimento.

6.5.4 Control de Malezas.

Se realizaron 2 limpiezas en forma manual. La primera a los 20 días después de la siembra y la otra a los 40 días, según el período crítico de interferencia de malezas del cultivo.

6.6 ANALISIS DE DATOS:

6.6.1 Análisis de Varianza para:

- a. Porcentaje de incidencia final de la enfermedad por tratamiento.
- b. Rendimiento en kilogramos/hectárea/tratamiento.

6.6.2 Análisis económico.

Para el análisis fueron tomados en cuenta los costos variables de los tratamientos evaluados, presupuesto parcial y análisis de dominancia para elaborar la Tasa Marginal de Retorno (TMR).

7. RESULTADOS Y DISCUSION.

Las capas de polietileno estuvieron expuestas en los meses de noviembre y diciembre, en un tiempo de solarizado y solarizado-encalado correspondiente a cada tratamiento, a 8, 6, 4 y 2 semanas. Las láminas fueron retiradas, todas en un mismo tiempo, dos días antes del trasplante. El ciclo del cultivo duró aproximadamente 90 días y la cosecha un total de 20 días.

Cabe mencionar que la cosecha se prolongó por varios días y fue debido a la no uniformidad en la madurez de las cabezas en cada uno de los tratamientos, (cuadro 13 "A"). Los tratamientos de mayor periodo de solarizado fueron más precoces que los de menor solarizado. La precocidad de la madurez de las cabezas fue directamente proporcional al período de exposición de las láminas al solarizado.

7.1 Incidencia de la enfermedad:

Las lecturas de incidencia se efectuaron luego de cosechadas las cabezas de brócoli. Para esto, se extrajo completamente la raíz de todas las plantas de cada unidad experimental. El cuadro 3 muestra los porcentajes de incidencia obtenidas en cada uno de los tratamientos, en el cual se observa diferencia entre el testigo con el resto de tratamientos. Se observa que el número de plantas enfermas, presentado por los tratamientos de solarizado y solarizado-encalado ha sido inferior, comparada con las que presentó el testigo, desde un 100% de control de la incidencia para el S-E a 8 semanas, hasta un 6.41% de incidencia presentada por el período de Solarizado a 2 semanas, mientras el testigo obtuvo una incidencia del 63.04%.

CUADRO 3. Respuesta de la incidencia de *Plasmodiophora brassicae* Woronin, a los tratamientos de solarizado, encalado y sus combinaciones. El Tejar, Chimaltenango, 1996.

TRATAMIENTO.	PLANTAS ENFERMAS.	INCIDENCIA %	INCIDENCIA COMP. CON TEST.	GRUPO TUKEY.*
S-E 8 Semanas	0	0.00	0.00	a
Encalado	1	0.21	0.33	a
S-E 6 Semanas	1	0.21	0.33	a
S8 Semanas	2	0.42	0.67	a
S6 Semanas	3	0.63	1.00	a
S-E 4 Semanas	7	1.47	2.33	b
S4 Semanas	7	1.50	2.38	b
S-E 2 Semanas	25	5.47	8.68	c
S2 Semanas	29	6.41	10.17	c
Testigo	285	63.04	100.00	d

S-E= Solarizado encalado. S= Solarizado.

* Letras iguales = tratamientos sin diferencia significativa.

La figura 1 expresa con mayor detalle los resultados que se describen en el anterior cuadro. Se puede observar la diferencia en el control que se puede obtener al aplicar o no aplicar el solarizado para el control de la enfermedad. Sin embargo los mejores resultados se presentaron con el solarizado-encalado y solarizado individual a períodos de 8 y 6 semanas, incluyendo el encalado.

El análisis de varianza para los resultados de los porcentajes de incidencia, cuadro 9 "A", indica que existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Debido a ello, se realizó una prueba de medias tukey, incluida dentro del cuadro 3, que muestra la agrupación de los tratamientos, sin ninguna diferencia estadística en cuanto al control.

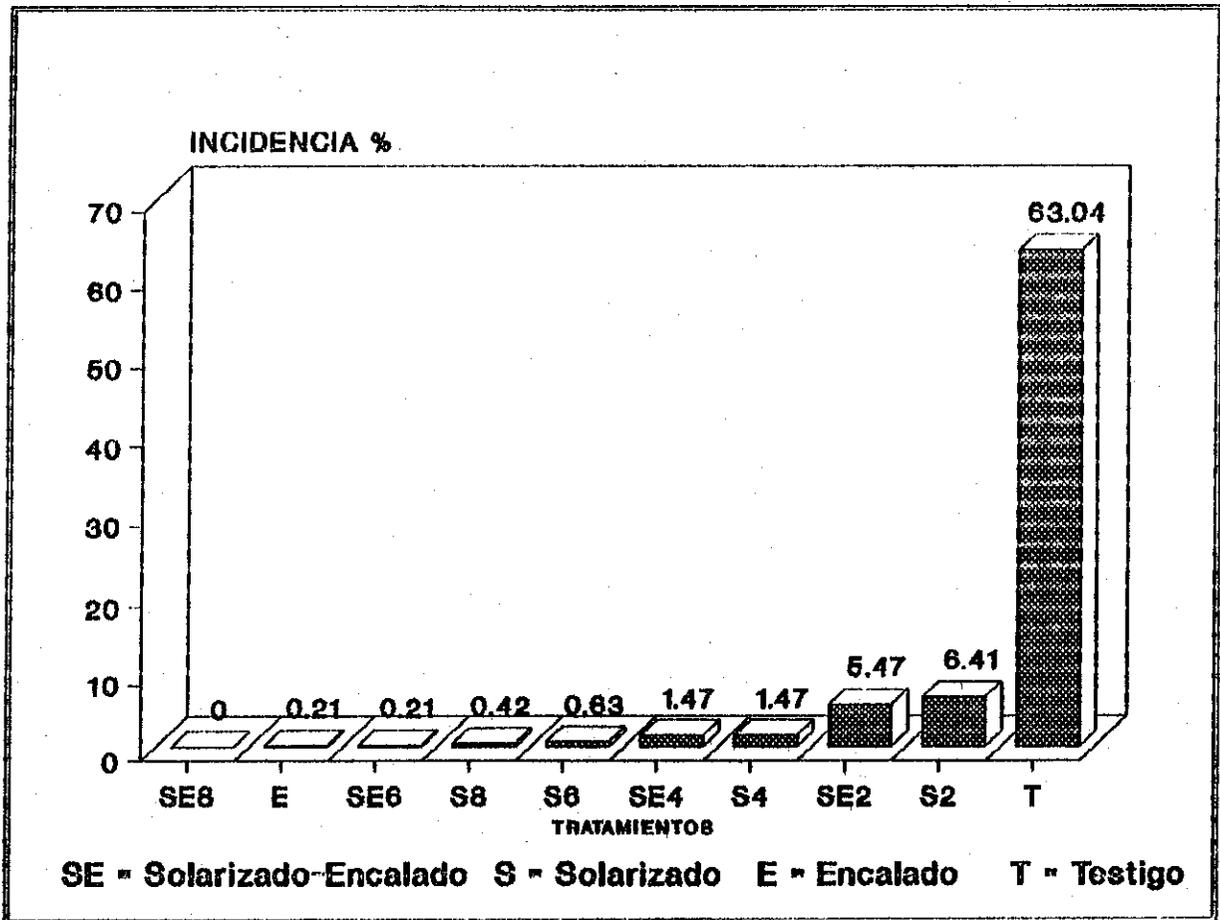


Figura 1. Efectos del Solarizado en el control de la incidencia de Plasmodiophora brassicae Woronin en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica Plenck). El Tejar, Chimaltenango. 1996.

El análisis anterior indica que los mejores tratamientos, estadísticamente iguales, fueron, S-E a 8 semanas, Encalado, S-E a 6 semanas, Solarizado 8 semanas y Solarizado a 6 semanas, con porcentajes de incidencia de 0%, 0.21%, 0.21%, 0.42% y 0.63%, respectivamente.

Al observar la figura 1 y cuadros 3 mencionados anteriormente, demuestra que los resultados son similares a los obtenidos por López Quiñones (15) en el municipio de Patzicia, Chimaltenango, en donde los mejores tratamientos fueron los de Solarizado y Solarizado-encalado, evaluados solamente a un período de 8 semanas, en un control de incidencia del 100%.

Se observa que el tratamiento de solarizado y la combinación del solarizado-encalado a 6 semanas, se encuentra dentro de los cinco mejores tratamientos dentro del rango de semanas estudiado al tener un control eficiente de la enfermedad, similar a los resultados que se presentan con 2 semanas más de solarización. Sin embargo, la comparación de la incidencia obtenida en los tratamientos de S-E 4 y S2 que fue de 1.47% y 1.50%, respectivamente, frente al testigo, de 63.04% nos indica que pueden ser recomendados para el control de la hernia, al tomar en cuenta los costos de arrendamiento que pueden disminuirse en la aplicación de los mismos. Por otro lado, se puede aprovechar el uso de los recursos físicos, en este caso, la película de polietileno, al disminuir su deterioro por el menor número de días que estuviera expuesta a las condiciones climáticas adversas del medio, y poder su utilizarla para una segunda oportunidad.

Para observar mejor las diferencias de control al combinar los tratamientos (Solarizado - Encalado) se realizó una prueba estadística para el arreglo combinatorio para tomar en cuenta y determinar la interacción que existió de solarizado-encalado. Según los resultados que muestra el cuadro 10 "A" indica que se presentan diferencias entre el

solarizado combinado con encalado o un solarizado individual. Al mismo tiempo, el mismo cuadro demuestra que los resultados fueron diferentes entre las 4 semanas o períodos evaluadas. Para determinar cual de los dos controles resulta más efectivo y dentro de los 4 períodos, cual de ellos está dentro del rango mínimo de control de la hernia se realizó una prueba de tukey, (cuadro 4), correspondiente a los dos análisis mencionados.

CUADRO 4. Pruebas de tukey para la variable incidencia de los tratamientos que integran el grupo de solarizado, solarizado-encalado y períodos evaluados, para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

CONTROL	INCIDENCIA (%)	TUKEY	SEMANAS	INCIDENCIA (%)	TUKEY
SOL-ENC*	1.79 %	A	8	0.21 %	A
SOL	2.24 %	B	6	0.42 %	A
			4	1.49 %	B
			2	5.49 %	C

* SOL-ENC= SOLARIZADO-ENCALADO. SOL=SOLARIZADO
Letras iguales = tratamientos sin diferencia significativa.

Según el análisis tukey, aplicar encalado para aumentar la eficiencia del solarizado, en forma combinada, para el control de la hernia de las crucíferas resulta más efectivo, que utilizar la solarización en forma individual, presentando un promedio de incidencia para los tratamientos combinados de 1.79%, con un control de la enfermedad de más del 98%.

En cuanto al número de semanas evaluadas, los resultados indican que los mejores tratamientos están entre los períodos de 8 a 6 semanas con incidencias de 0.21% y 0.42%, respectivamente.

Finalmente, los resultados de los análisis estadísticos efectuados, el primero como experimento simple y un segundo como arreglo combinatorio, para los tratamientos de solarizado y solarizado-encalado, demuestran y confirman que al haber combinado el solarizado con el encalado con una duración de 6 semanas, se obtuvieron resultados

eficientes en el control de la enfermedad. También, los resultados que se presentan en el cuadro mencionado, indican que el solarizado individual a 6 semanas (dos semanas menos que el de 8 semanas) puede tener la misma función que el tratamiento combinado al mismo período.

7.2 Rendimiento:

Al examinar el cuadro 5, se observa que los rendimientos se presentaron directamente proporcionales a los períodos de exposición del solarizado. Con la aplicación de los métodos del solarizado y encalado, así como la combinación de ambos, la producción se incrementa. En este ensayo se obtuvo un mayor rendimiento de 20079.27 kg/ha al combinar el solarizado-encalado a 8 semanas con un incremento de 34.47%, respecto al testigo. Sin embargo, después de haber realizado el análisis de varianza, cuadro 11 "A" y la prueba de tukey correspondiente, incluida dentro del cuadro 5, los tratamientos de Solarizado-Encalado a 6 semanas, solarizado a 8 semanas, solarizado a 6 semanas, encalado y Solarizado-Encalado a 4 semanas presentaron resultados similares.

CUADRO 5. Respuesta del rendimiento a los tratamientos de solarizado, encalado y sus combinaciones para el control de *Plasmodiophora brassicae* en brócoli. El Tejar Chimaltenango. 1996.

TRAT.	RENDIMIENTO Kg/ha	GRUPO TUKEY	Dif/Test. Kg/ha	%Increm. rend/test	Días de Cosecha
S-E 8	20079.27	A	5146.83	34.47	13
S-E 6	19024.64	A	4092.20	27.40	13
S8	18705.24	A	3772.80	25.27	13
S6	18557.07	A	3624.60	24.27	14
E	18549.02	A	3616.58	24.22	13
S-E 4	17867.34	A	2934.90	19.65	16
S4	17023.38	B	2090.94	14.00	17
S-E 2	16595.91	B	1663.47	11.14	18
S2	15938.61	C	1006.17	6.74	17
T	14932.44	D	--	--	18

S-E=Solarizado encalado S=Solarizado T=testigo E=Encalado
Letras iguales= tratamientos sin diferencia significativa.

En la figura 2 se observa que los rendimientos fueron proporcionales al período de solarizado, y que la combinación de solarizado y encalado presentaron rendimientos superiores al testigo. Esto significa que se obtiene una respuesta en el rendimiento por el efecto del solarizado del suelo al incrementar los micronutrientes y por ende la fertilidad de los suelos.

Aunque el principal objetivo del desarrollo de la tecnología de la solarización de los suelos, es el control de plagas y enfermedades del suelo que atacan severamente a los cultivos, en este ensayo se ha logrado incrementos en los rendimientos del brócoli. Comparando los resultados que se obtuvieron con el tratamiento del suelo no tratado, realmente se demuestra la efectividad del solarizado en la fertilidad de los suelos, por el aumento de los nutrientes aprovechables como nitrógeno, nitratos, etc, así como la aceleración de la descomposición de la materia orgánica. (6, 18).

Nuevamente, para la variable rendimiento, se realizó una prueba estadística para determinar si realmente existió una respuesta diferente en la aplicación de los tratamientos combinados.

En el cuadro 12 "A", se resume el análisis efectuado para el arreglo combinatorio de los tratamientos de solarizado-encalado, y para los cuatro períodos evaluados. En el cuadro se observa que se presentaron diferencias de resultados de rendimientos al aplicar o no el solarizado en combinación con encalado de los suelos. Así mismo, se presentan diferencias entre los 4 períodos o semanas evaluadas, con alta significancia. Por lo que se procedió a realizar la prueba de tukey, (cuadro 6), para determinar cual de los dos controles (solarizado o solarizado-encalado) recomendar, con un período mínimo de solarización, según nuestros objetivos planteados.

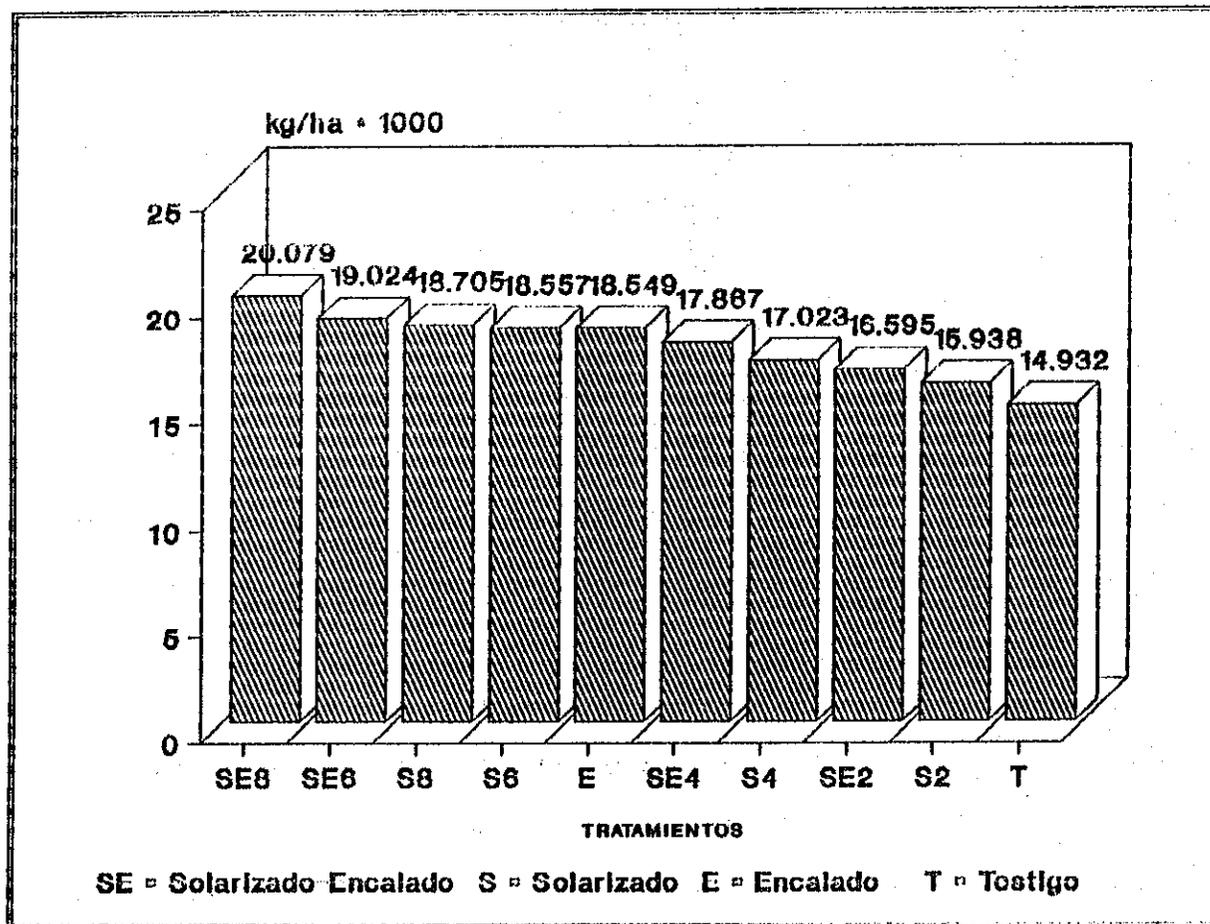


Figura 2. Efectos del Solarizado en el rendimiento (kg/ha), del cultivo de bròcoli (*Brassica oleracea* L. var. *itàlica* Plenck, para los tratamientos evaluados en el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin. El Tejar, Chimaltenango. 1996.

CUADRO 6. Pruebas de Tukey para la variable rendimiento de los tratamientos que integran el grupo de Solarizado, Solarizado-Encalado y periodos evaluados para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

CONTROL	RENDIMIENTO (Kg/ha)	TUKEY	SEMANAS	RENDIMIENTO (Kg/ha)	TUKEY
SOL-ENC*	18391.80	A	8	19392.30	A
SOL	17556.10	B	6	18790.90	A
			4	17445.40	B
			2	16267.30	C

SOL-ENC = SOLARIZADO-ENCALADO. SOL=SOLARIZADO

Letras iguales = tratamientos sin diferencia significativa.

La prueba indica que hay una respuesta en los rendimientos al combinar los tratamientos de solarizado con aplicaciones de encalado del suelo, que aplicar un solarizado individual. Los tratamientos combinados presentaron una diferencia en rendimiento promedio de 735.70 kg/ha, sobre los tratamientos de solarizado individual. Al mismo tiempo, no existieron diferencias entre las 8 y 6 semanas evaluadas. Ello indica que el período mínimo ideal más recomendado, según los objetivos de este ensayo, es un período a 6 semanas, que presenta resultados similares en rendimientos que al aplicar un período de 8 semanas, ahorrándose costos de arrendamiento y pago de mano de obra, entre otros.

7.3 Inicio y duración de Cosecha:

Con la solarización se logró una precocidad en el punto de maduración de las cabezas de brócoli, así como una reducción del período de cosecha. Por lo mencionado anteriormente y lo que se observa en el cuadro 13 "A", se deduce que estas dos variables fueron influidas también por los tratamientos de solarizado, encalado y la combinación de ambos.

Existió una variación de precocidad de los tratamientos de S-E 8 sem, S-E 6 sem, Encalado, Solarizado 8 sem y Solarizado 6 sem, respecto al testigo, que fue de 6 días. Esto equivale a casi una semana menos de protección del cultivo y por lo tanto una reducción en los costo del

manejo del mismo.

Los días de corte disminuyen con la solarización hasta un total de 5 días respecto al testigo, para los tratamientos de mayor exposición solar que son los de S-E 8 sem, S-E 6 sem, S 8 sem y encalado. Esto significa una reducción en los costos de mano de obra en la cosecha.

7.4 Análisis económico.

El análisis económico efectuado para estudios relacionados en el control de patógenos del suelo, como el caso del solarizado y encalado, teóricamente, no refleja realmente la rentabilidad que pueda tener el uso de ésta tecnología con el uso de las películas de polietileno. No se puede obtener resultados de rentabilidad solo para el ciclo de cultivo evaluado ya que resultados de otros estudios indican un control efectivo del patógeno e incrementos en la producción de uno hasta 2 o 3 años, sin evidenciar reinfestación en varios ciclos del cultivo, después de haber aplicado los tratamientos. (16,33).

Además, por las características del patógeno, monocíclico y de dispersión lenta, hacen que la eficiencia del solarizado sea mayor, lo que significa que el suelo puede estar libre del hongo por varios períodos o ciclos del cultivo (16).

Para el análisis económico, se realizó un análisis marginal, tomando en cuenta el promedio de rendimientos de cada tratamiento, costos variables, (cuadro 14 "A"), los resultados de presupuesto parcial (cuadro 15 "A") y análisis de dominancia (cuadro 16 "A").

Con los resultados del presupuesto parcial y análisis de dominancia se efectuó el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), cuyos resultados se presentan en el cuadro 7.

CUADRO 7. Tasa Marginal de Retorno para los tratamientos seleccionados en el análisis de dominancia.

TRAT.	BENEFICIO NETO	COSTO VARIABLE	*BENEFICIO NETO	*COSTO VARIABLE	TMR
TESTIGO	20626.17	428.57			
ENCALADO	22032.81	4121.31	1406.64	3692.74	38.09 %
SOL 6 SEM	22034.51	4130.96	1.70	9.65	17.62 %
SOL 8 SEM	22142.81	4231.58	108.30	100.62	107.63 %

SOL 6 SEM=Solarizado 6 semanas. SOL 8 SEM=Solarizado 8 semanas

La tasa de retorno marginal mínima aceptable para el agricultor se situó entre el 50% y 100%. Cuando la tecnología es nueva, como es el caso del solarizado, éste preferirá que su tasa marginal sea mayor del 100%. Sin embargo, se discutió anteriormente que esta tasa real, el agricultor la obtendrá al menos para un período mínimo de 2 años, y teóricamente ésta será mucho mayor del 100%.

La mayor Tasa Marginal de Retorno (TMR) se obtuvo al aplicar el tratamiento de solarizado a un período de 8 semanas (SOL 8 SEM), con un valor de 108 %, lo que significa que por cada quetzal que se invierta en este tratamiento, para el control de la enfermedad, se recuperará este y un total adicional de 1.08 quetzales. Los valores cercanos a este tratamiento, fueron el encalado y el solarizado a 6 semanas, con tasas marginales del 38% y 17 %, respectivamente.

8. CONCLUSIONES

1. Por los valores de incidencia presentados, se determinó la eficiencia del solarizado y el encalado en el control de la enfermedad de la hernia de las crucíferas *Plasmodiophora brassicae* (Woronin) y en aumento de los rendimientos del cultivo y los mejores tratamientos comprendieron los de solarizado-encalado a 8 y 6 semanas, el encalado y el solarizado a 8 y 6 semanas.

2. El uso del encalado proporciona una mayor eficiencia del solarizado para el control de la hernia de las crucíferas *Plasmodiophora brassicae* (Woronin), cuyo valor promedio de incidencia para los cuatro periodos evaluados fue de 1.79% y rendimientos de 18391.80 kg/ha.

3. El período mínimo de exposición al solarizado, con un control efectivo de la hernia, está a un rango de 6 semanas, con incidencias de la enfermedad de 0.63% para el solarizado individual, y de 0.21% para el tratamiento combinado de solarizado-encalado.

4. El encalado de los suelos es eficiente para el control de la hernia, al aumentar el pH del suelo, y disminuir la incidencia de la enfermedad, con un control de más del 98% de la misma y presentar rendimiento de 18549.02 kg/ha.

5. Económicamente, la mejor Tasa Marginal de Retorno se presenta cuando se aplica el tratamiento de solarizado a un periodo de 8 semanas, con un valor para ésta de 107.63%.

9. RECOMENDACIONES.

1. En base a su eficiencia, rendimiento y rentabilidad, se recomienda para el control de la hernia de las crucíferas, el tratamiento de solarizado a un período de 8 semanas, principalmente en la época en que fue desarrollado el estudio durante los meses de octubre-diciembre.

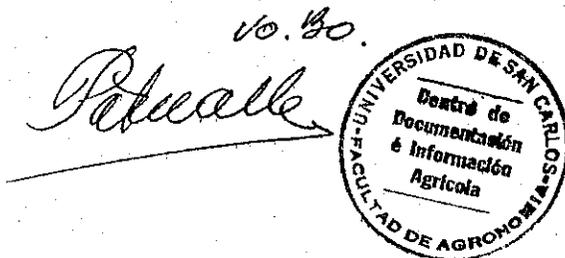
2. Continuar con el estudio de la solarización, en otras localidades y épocas diferentes para determinar el efecto que puede tener el solarizado sobre la incidencia y rendimientos en otras condiciones climáticas con intensidad lumínica diferente, y validar la tecnología.

3. Determinar, por medio de un estudio a largo plazo, una Tasa Marginal de Retorno con valores más cercanos a la realidad, y encontrar valores de rentabilidad del cultivo en los años en donde el terreno este libre del patógeno.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.N. 1989. Fitopatología; enfermedades de las plantas ocasionadas por hongos. Trad. por Manuel Guzmán Ortiz. México, D.F., Limusa. 756 p.
2. BIBLIOTECA PRACTICA agrícola y ganadera; práctica de cultivos. 1984. Madrid, España, Océano. 223 p.
3. CARRANZA BAZINI, H.; MORALES, R.; SALGUERO N., V. 1995. Distribución geográfica e incidencia de la hernia del brócoli, Plasmodiophora brassicae, en Guatemala. En Manejo integrado de plagas en brócoli; (1995, Guatemala). V. Salguero ed. Guatemala, MIP-ICTA-CATIE-ARF. p. 49-61
4. CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica, IICA. 397 p.
5. 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.
6. DEVAY, J.E.; STAPLETON, J.J.; CLYDE, C.L. 1991. Soil solarization California, Estados Unidos, University of California, Plant Pathology dept. 395 p.
7. GAITAN R., J.M. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china (Pisum sativum L.), durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
8. FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. p. 161-182.
9. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. DEPARTAMENTO DE ESTADISTICAS ECONOMICAS. 1995. Costos de producción; temporada 1995-96. Guatemala. 51 p
10. -----. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. DIRECCION TECNICA DE SANIDAD VEGETAL. 1993. Resumen de exportaciones de productos agrícolas. Guatemala. 125 p.
11. -----. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. V.4, p. 59-61.
12. HERNANDEZ, J.A. 1990. Estimación de área y producción de hortalizas y frutas en Guatemala. Guatemala, CIPREDA. 11 p.

13. KATAN, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annual Review of Phytopathology (EE.UU.) 19:211-223.
- Citado por: GAITAN R., J.M. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china (*Pisum sativum* L.), durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
14. ----- . 1993. Solarización en memorias del primer congreso internacional de nuevas tecnologías agrícolas. Manzanilla, Colima, México, s.n. p. 17-24.
15. LOPEZ Q., M.A. 1995. Evaluación de métodos de control de la hernia de la crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 57 p.
16. 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.
17. ROMERO C., S. 1988. Fitopatología. México, Universidad Autónoma Chapingo. 148 p.
18. 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, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
19. TALLER REGIONAL DE SOLARIZACION DEL SUELO. (1,1995, Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", Honduras). Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano". 68 p.
20. VALADEZ L., A. 1994. Producción de hortalizas. México, D.F., Limusa. p. 19-57.
21. WALKER, J.C. 1965. Patología vegetal. Barcelona, España, Omega. p 345-349.



11. A P E N D I C E

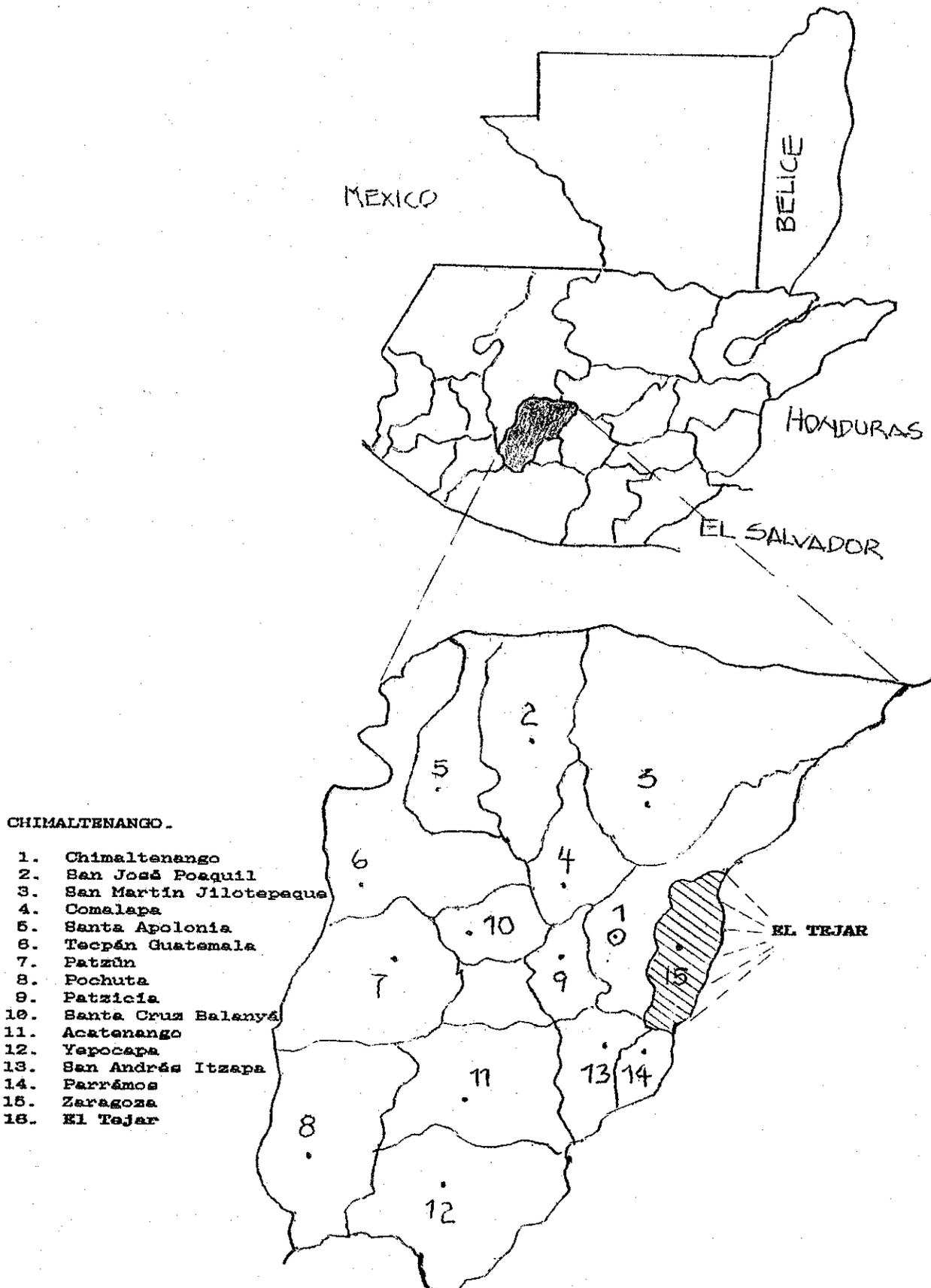


FIGURA 3 "A". Ubicación del área experimental en el municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango.

PROPIEDAD
BIBLIOTECA CENTRAL

N 

B L O Q U E S

I II III

S - E 8	S 8	E
S 6	S - E 4	S - E 8
S - E 6	E	S 8
S 2	S 4	T
S 4	S 6	S - E 4
T	S - E 6	S - E 2
S - E 4	S 2	S 4
E	S - E 2	S - E 6
S - E 2	S - E 8	S 6
S 8	T	S 2

FIGURA 4"A". Croquis de la distribución de los tratamientos en el área experimental.

CUADRO 8 "A". Porcentajes de incidencia obtenidos de la relación del número de plantas enfermas y el promedio total de plantas/unidad experimental. El Tejar, Chimaltenango, 1996.

TRATAMIENTO	I	II	III	MEDIAS
S-E 8 semanas	0	0	0	0
S-E 6 semanas	0	0.63	0	0.21
S-E 4 semanas	1.88	1.26	1.27	1.47
S-E 2 semanas	6.54	4.49	5.37	5.47
S8 semanas	0.64	0.63	0	0.42
S6 semanas	0.63	0.63	0.63	0.63
S4 semanas	1.91	1.27	1.31	1.50
S2 semanas	5.33	6.62	7.28	6.41
Encalado	0	0.63	0	0.21
Testigo	62.33	64.47	62.33	63.04

S-E= Solarizado encalado. S= solarizado.

CUADRO 9 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia para los tratamientos evaluados en el experimento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
BLOQUES	2	8.320667	4.160333	1.73	0.2047
TRAT.	9	6548.610080	727.623342	303.34 **	0.0001
E. EXP.	18	43.177000	2.398722		
TOTAL	29	6600.107747			

C.V.: 14.71572%

CUADRO 10 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia en relación al arreglo combinatorio de los tratamientos control (solarizado - encalado), y semanas evaluadas. El Tejar, Chimaltenango, 1996.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
BLOQUES	2	3.8630333	1.931567	0.83 NS	0.4583
CONTROL	1	19.9472667	19.9472667	8.53 **	0.0112
SEMANAS	3	564.5991500	188.1997167	80.43 **	0.0001
CONTROL*SEMANAS	3	9.7486333	3.2495444	1.39 NS	0.2873
E. EXPERIMENTAL	14	32.7577000	2.3398357		
TOTAL	23	630.9157833			

CUADRO 11 "A". Análisis de varianza para la variable rendimiento expresado en kg/ha para los tratamientos evaluados en el experimento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
BLOQUES	2	33710.84	16855.42	0.03	0.9662
TRATAMIENTOS	9	67022303.61	7446922.62	15.22 **	0.0001
ERROR	18	8808469.34	489359.41		
TOTAL	29	75864483.79			

CUADRO 12 "A". Análisis de varianza para la variable rendimiento en relación al arreglo combinatorio de los tratamientos control (Solarizado - encalado) y semanas evaluadas. El Tejar, Chimaltenango. 1996

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
BLOQUES	2	97309.54	48654.77	0.10	0.9096
CONTROL	1	4190525.72	4190525.72	8.22	0.0124
SEMANA	3	35226691.84	11742230.61	23.03	0.0001
CONTROL*SEMANA	3	685836.85	228612.28	0.45	0.7224
ERROR	14	71338762.21			
TOTAL	23	47338762.21			

CUADRO 13 "A". Respuesta de la solarización a la duración de días a inicio de cosecha y días de corte de los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas, en brócoli, El Tejar, Chimaltenango. 1996.

TRATAMIENTO	DIAS DE TRANSPLANTE COSECHA	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DIAS DE CORTE
S-E 8 semanas	76	6/3 /96	18/3 /96	13
S-E 6 semanas	76	6/3 /96	18/3 /96	13
ENCALADO	76	6/3 /96	18/3 /96	13
S 8 semanas	76	6/3 /96	18/3 /96	13
S 6 semanas	77	7/3 /96	20/3 /96	14
S-E 4 semanas	77	7/3 /96	22/3 /96	15
S 4 semanas	78	8/3 /96	24/3 /96	17
S-E 2 semanas	78	8/3 /96	25/3 /96	18
S 2 semanas	81	11/3 /96	28/3 /96	17
TESTIGO	81	11/3 /96	29/3 /96	18

S-E = Solarizado encalado. S = solarizado.

CUADRO 14 'A'. Costos variables por hectárea del cultivo de brócoli, relacionados con los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmiodiophora brassicae* Woronin), El Tejar, Chimaltenango, 1996.

CONCEPTO	UN./MEDIDA	VALOR	V. TOTAL
Renta de la tierra	Ha (5.0 meses) /a	714.29	714.28
	Ha (4.5 ") /b	642.86	642.86
	Ha (4.0 ") /c	571.43	571.43
	Ha (3.5 ") /d	500.00	500.00
	Ha (3.0 ") /e	428.57	428.57
Preparación del suelo	33 jornales	14.60	481.80
Colocado del plástico	25 jornales	14.60	365.00
Aplicación de cal	16 jornales	14.60	233.60
Siembra (Trasplante)	33 jornales	14.60	481.80
Resiembra	8 jornales	14.60	116.80
Fertilizaciones	20 jornales	14.60	292.00
Limpia	12 jornales	14.60	175.20
Control fitosanitario	33 jornales	14.60	481.80
Cosecha	116 jornales	14.60	1963.60
Semilla	5000 pilones	107.00/1000	535.00
Fertilizantes			2000.00
Plaguicidas			350.00
Cal dolomítica		30.81/qq	3173.43
Plástico			3035.50
Cuidado plástico 8S			116.80
Cuidado plástico 6S			87.60
Cuidado plástico 4S			58.40
Cuidado plástico 2S			29.20

a: S-E 8, S8, E. b: S-E 6, S6. c: S-E 4, S4. d: S-E 2, S2. e: TESTIGO.

CUADRO 15 'A'. Presupuesto Parcial de los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin), en brócoli. El Tejar Chimaltenango.

TRAT. RUBRO	S-E 8	S-E 6	I-E 4	S-E 2	S8	S6	S4	S2	E	T
Arren.	714.28	642.86	511.43	500.00	714.28	642.86	571.43	500.00	714.28	428.57
M.O.	715.40	686.20	657.00	627.80	481.80	452.60	423.40	394.20	233.60	-----
Insumos	6208.93	6208.93	6208.93	6208.93	3035.50	3035.50	3035.50	3035.50	3173.43	-----
C.V.T.	7698.61	7597.99	7437.96	7396.73	4291.58	4130.96	4030.33	3929.70	4121.91	428.57
Rend.	20079.27	19024.64	17867.34	16595.91	18705.24	18557.07	17023.98	15938.61	18549.02	14932.44
P.V.	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
B.N.	28311.77	26824.74	25192.95	23400.23	26974.99	26165.47	24002.97	22473.44	26154.12	21054.74
B.B.	20573.16	19286.75	17755.59	16063.50	22142.81	22034.51	19972.64	18543.74	22092.81	20626.17

Arrend = Arrendamiento. (Q./ha.) M.O. = Mano de obra. (Q.) C.V.T. = Costo Variable Total. Rendimiento (kg/ha).
P.V. = Precio de venta (Q./kg.). B.N = Beneficio Neto. B.B. = Beneficio Bruto.

Cuadro 16 "A". Análisis de Dominancia para los tratamientos bajo estudio. El Tejar, Chimaltenango. 1996.

TREATAMIENTO	COSTOS VARIABLES	BENEFICIO NETO
Testigo	428.57	20626.17 ND
S2	3929.70	18543.74
S4	4030.33	19972.64
E	4121.31	22032.81 ND
S6	4130.96	22034.51 ND
S8	4231.58	22142.81 ND
S-E 2	7336.73	16063.50
S-E 4	7437.36	17755.59
S-E 6	7537.99	19286.75
S-E 8	7638.61	20673.16

ND = Tratamientos No Dominados pasan a la determinación de la TMR.

CUADRO 17 "A". Análisis físico de suelos del terreno experimental donde se realizó la investigación. FAUSAC. 1995

MUESTRA	pH	Mg/ml		meq/ml		ppm			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
1	6.4	104	243	6.55	1.85	4.5	7.5	19.0	7.0
2	6.2	160	328	7.18	1.75	4.5	4.5	25.5	9.5

FUENTE: Laboratorio de suelos, Planta y agua, Salvador Castillo Orellana. FAUSAC.

CUADRO 18'A*. Datos de campo de número de plantas enfermas y rendimientos obtenidos por los tratamientos evaluados en el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmidiophora brassicae* Woronin), en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), en el tejtar, Chimaltenango. 1996.

OBS	TRAT	SEM	REP	PLANTAS ENFERMAS	INCIDENCIA %	RENDIMIENTO Kg/ha
1	SOL-ENC	8	1	0	0	20902.91
2	SOL-ENC	8	2	0	0	19310.34
3	SOL-ENC	8	3	0	0	20024.57
4	SOL-ENC	6	1	0	0	19617.22
5	SOL-ENC	6	2	1	0.63	18414.92
6	SOL-ENC	6	3	0	0	19041.77
7	SOL-ENC	4	1	3	1.88	17625.23
8	SOL-ENC	4	2	2	1.26	17794.97
9	SOL-ENC	4	3	2	1.27	18181.82
10	SOL-ENC	2	1	10	6.54	15584.42
11	SOL-ENC	2	2	7	4.49	17329.55
12	SOL-ENC	2	3	8	5.37	16873.77
13	SOL	8	1	1	0.64	19138.76
14	SOL	8	2	1	0.63	18062.98
15	SOL	8	3	0	0	18913.97
16	SOL	6	1	1	0.63	18064.52
17	SOL	6	2	1	0.63	18909.09
18	SOL	6	3	1	0.63	18697.61
19	SOL	4	1	3	1.91	16953.32
20	SOL	4	2	2	1.27	17927.53
21	SOL	4	3	2	1.31	16189.29
22	SOL	2	1	8	5.33	16430.98
23	SOL	2	2	10	6.62	16205.53
24	SOL	2	3	11	7.28	15179.32
25	ENC	-----	1	0	0	18301.44
26	ENC	-----	2	1	0.63	19041.77
27	ENC	-----	3	0	0	18303.84
28	TESTIGO	-----	1	95	62.33	15127.27
29	TESTIGO	-----	2	98	64.47	14065.18
30	TESTIGO	-----	3	95	62.33	15604.87

SOL-ENC = Solarizado-encalado. SOL=Solarizado. ENC=Encalado.



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

Ref. Sem.045-96

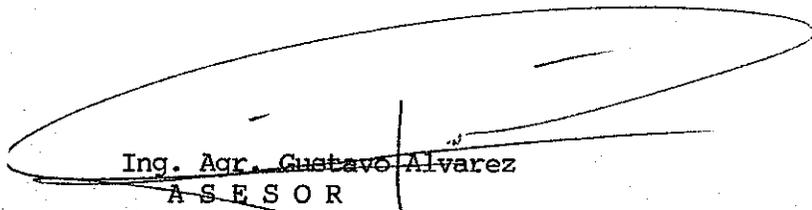
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE CUATRO PERIODOS DE SOLARIZADO, ENCALADO Y SUS COMBINACIONES, PARA EL CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS (Plasmodiophora brassicae Woronin) EN BROCOLI (Brassica oleracea L. var. itálica Plenck) EN EL TEJAR, CHIMALTENANGO"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: HECTOR LEONEL PAZ KROELL

CARNET No: 8614890

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno
 Ing. Agr. Edil Rodríguez

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

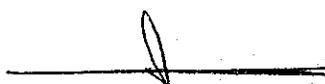

 Ing. Agr. Gustavo Alvarez
 ASESOR

Ing. Gustavo A. Alvarez V.
 INGENIERO AGRONOMO
 Colegiado 1556


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez
 DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 D E C A N O



cc: Control Académico
 Archivo
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770

