

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

EVALUACION DEL SOLARIZADO Y ENCALADO, EN EPOCA SECA, PARA EL
CONTROL DE Plasmodiophora brassicae Woronin, EN BROCOLI Brassica
oleracea L. var. italica 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

JORGE OMAR SAMAYOA JUAREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 1997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	ING. AGR. JOSE ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL PRIMERO:	ING. AGR. JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO:	ING. AGR. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO:	ING. AGR. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO:	Br. ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA
VOCAL QUINTO:	Br. MYNOR JOAQUIN BARRIOS OCHAETA
SECRETARIO:	ING. AGR. GUILLERMO E. MENDEZ BETETA

Guatemala, Mayo de 1997.

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

Señores miembros:

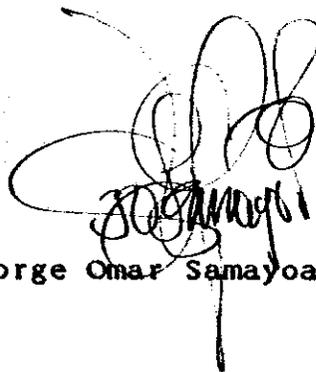
De conformidad con la Ley Orgánica de La Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DEL SOLARIZADO Y ENCALADO, EN EPOCA SECA, PARA EL CONTROL DE 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,



Jorge Omar Samayoa Juárez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Que me ha iluminado y ayudado siempre para poder alcanzar todas mis metas.

MIS PADRES

Jorge Augusto Samayoa Eguizábal
Evelia de Jesús Juárez Lazo, por sus esfuerzos y sacrificios.

MIS HERMANOS

Brenda Beatriz, José Augusto y Eveling
Ibeth, con mucho cariño.

MIS TIOS, TIAS,
PRIMOS Y PRIMAS

Como muestra de cariño y agradecimiento al esfuerzo y apoyo brindado.

MIS AMIGOS Y AMIGAS

Como recuerdo de las experiencias compartidas y muestra de amistad.

A MIS COMPAÑEROS DE
PROMOCION

Bayron García, Próspero Carrascoza,
Juan Herrera, Ronal Gálvez, Miguel
Laparra, Arnoldo Carrillo, por su amistad sincera.

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

FACULTAD DE AGRONOMIA.

TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN MI
FORMACION.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

THE HISTORY OF THE

REIGN OF KING CHARLES THE FIRST

IN THE YEAR 1649

BY JOHN BURNET

IN TWO VOLUMES

LONDON, Printed by J. Sturges, at the

1649

IN THE YEAR 1649

BY JOHN BURNET

LONDON, Printed by J. Sturges, at the

1649

5

5

AGRADECIMIENTOS

Muy sinceramente a mi asesor Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela, por su valiosa orientación en la realización de la presente investigación.

Ing. Agr. Marino Barrientos y Bayron González, por su ayuda en la realización e interpretación del análisis estadístico.

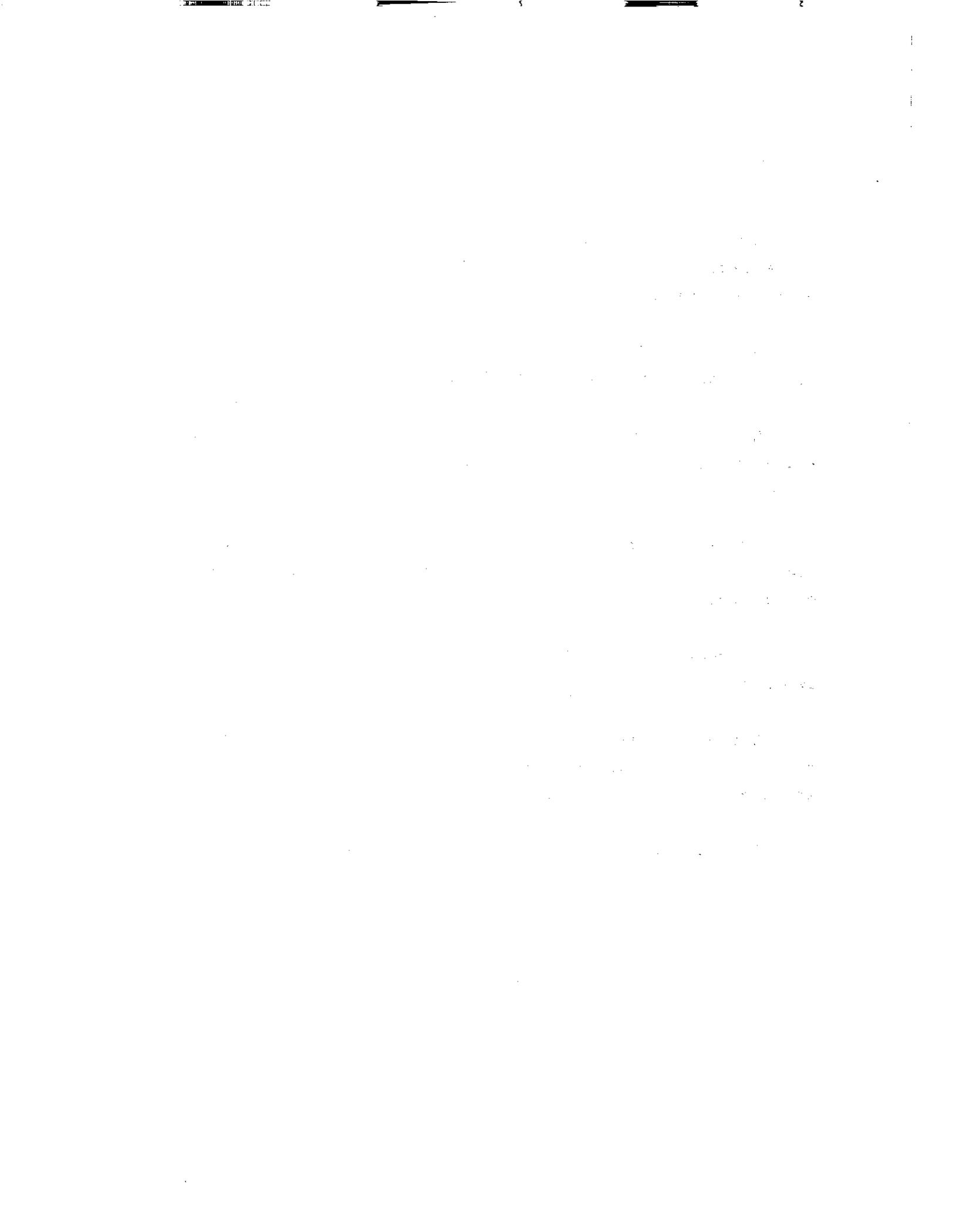
Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales (GEXPRONT), por brindar el finaciamiento para el desarrollo del trabajo.

Empresa OLEFINAS, S.A., principalmente al Ing. Agr. Roberto Bran, por aportar las películas de polietileno "Ecocontrol" utilizado en la investigación.

PROMOAGRO, S.A., por facilitar la cal "Nutrical" utilizada en el experimento.

Empresa AGRIPLAN, S.A., especialmente al Ing. Federico Matheu y señor Lucas Teleón, por proporcionar el área experimental y colaborar en el desarrollo del trabajo.

Empresa PILONCITO VERDE, S.A., por proporcionar las plántulas de brócoli.



INDICE

INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCION.....	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	3
3. MARCO TEORICO.....	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	4
3.1.1 Cultivo del brócoli.....	4
3.1.1.1 Importancia económica.....	4
3.1.1.2 Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
3.1.2 Hernia de las coles.....	6
3.1.2.1 Sintomatología.....	6
3.1.2.2 Ciclo de vida.....	7
3.1.2.3 Condiciones adecuadas de desarrollo.....	8
3.1.2.4 Métodos de control.....	8
3.1.3 Solarización.....	9
3.1.3.1 Definición.....	9
3.1.3.2 Escencia del método y condiciones de implementación..	10
3.1.3.3 Resultados de solarización sobre diferentes plagas...	13
3.1.3.4 Ventajas y limitaciones del solarizado.....	17
3.1.4 Encalado.....	18
3.1.4.1 pH o reacción del suelo.....	18
3.1.4.2 Encalado y materiales que se utilizan en el mismo....	19
3.1.4.3 El Encalado en el control de la hernia.....	20
3.1.4.4 Frecuencia y cantidad de cal a aplicar.....	20
3.1.5 Características del Dazomet.....	20
3.1.5.1 Fórmula estructural.....	21
3.1.5.1 Denominación química.....	21
3.1.5.3 Fórmula empírica.....	21
3.1.5.4 Propiedades químicas, biológicas y espectro de acción	21
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	22
4. OBJETIVOS.....	26
5. HIPOTESIS.....	27
6. METODOLOGIA.....	28
6.1 Tratamientos evaluados.....	28
6.2 Descripción de los tratamientos.....	28
6.2.1 Solarizado.....	28
6.2.2 Encalado.....	29
6.2.3 Solarizado más Encalado.....	29
6.2.4 Testigo químico.....	30
6.2.5 Testigo absoluto.....	30
6.3 Diseño experimental.....	30
6.4 Variables de respuesta.....	31
6.4.1 Incidencia de la enfermedad.....	31
6.4.2 Rendimiento.....	31
6.4.3 Diámetro y peso de floretes.....	32

6.4.4	Días a la cosecha y número de floretes cosechados.....	32
6.4.5	Presencia de gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.).....	32
6.5	Análisis de la información.....	32
6.5.1	Análisis estadístico.....	32
6.5.2	Análisis económico.....	33
6.6	Manejo del experimento.....	33
6.6.1	Preparación del terreno.....	33
6.6.2	Riego.....	34
6.6.3	Control de plagas y enfermedades, y fertilización.....	34
6.6.4	Control de malezas.....	34
7.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
7.1	Incidencia de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin.....	35
7.2	Rendimiento.....	38
7.3	Peso y diámetro de floretes.....	41
7.4	Número de floretes cosechados.....	43
7.5	Días a la cosecha y período de cosecha.....	44
7.6	Correlación entre incidencia y rendimiento.....	46
7.7	Análisis económico.....	47
8.	CONCLUSIONES.....	49
9.	RECOMENDACIONES.....	50
10.	BIBLIOGRAFIA.....	51
11.	ANEXO.....	54

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Descripción de los tratamientos evaluados.....	28
CUADRO 2	Resumen de la prueba de Tukey para la variable incidencia en porcentaje de <u>Plasmodiophora brassicae</u> Woronin.....	35
CUADRO 3	Resumen de la prueba de Tukey para la variable rendimiento (kg/ha).....	39
CUADRO 4	Resumen de la prueba de Tukey para la variable peso promedio de floretes.....	41
CUADRO 5	Resumen de la prueba de Tukey para la variable número de floretes cosechados/ha.....	43
CUADRO 6	Plantas cosechadas por fecha de corte en cada uno de los tratamientos de Solarizado, Encalado y su combinación.....	45
CUADRO 7	Tasa marginal de retorno para los tratamientos seleccionados del análisis de dominancia.....	48
CUADRO 8"A"	Resumen del análisis de varianza para la variable incidencia en porcentaje de <u>Plasmodiophora brassicae</u> Woronin.....	58
CUADRO 9"A"	Resumen del análisis de varianza para la variable rendimiento (kg/ha).....	58
CUADRO 10"A"	Resumen del análisis de varianza para la variable peso de floretes (kg).....	58
CUADRO 11"A"	Resumen del análisis de varianza para la variable número de floretes cosechados por hectárea.....	58
CUADRO 12"A"	Rendimiento en kg/ha observado en cada una de las unidades experimentales.....	59
CUADRO 13"A"	Incidencia en porcentaje en cada una de las unidades experimentales.....	59
CUADRO 14"A"	Peso promedio de floretes en kg en cada una de las unidades experimentales.....	59
CUADRO 15"A"	Número de floretes cosechados por hectárea en cada unidad experimental.....	60
CUADRO 16"A"	Análisis de dominancia para los tratamientos bajo estudio.....	60

CUADRO 17"A"	Costos variables por hectárea del cultivo de brócoli, para cada uno de los tratamientos evaluados.....	61
CUADRO 18"A"	Presupuesto parcial de cada uno de los tratamientos evaluados.....	62
CUADRO 19"A"	Análisis químico del suelo del área experimental, previo a la aplicación de los tratamientos.....	62
CUADRO 20"A"	Análisis químico de suelo del área experimental, posterior a la aplicación de los tratamientos.....	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Efecto del solarizado, solarizado más encalado, testigo químico y testigo absoluto, sobre la incidencia de <u>Plasmodiophora brassicae</u> Woronin.....	36
FIGURA 2	Respuesta en el rendimiento de los tratamientos evaluados para el control de <u>Plasmodiophora brassicae</u> Woronin.....	40
FIGURA 3	Peso promedio de floretes observado en los tratamientos evaluados para el control de <u>Plasmodiophora brassicae</u> Woronin.....	42
FIGURA 4"A"	Ubicación del área experimental en el municipio de El Tejar, Chimaltenango.....	55
FIGURA 5"A"	Croquis de campo de la distribución de los tratamientos y sus repeticiones.....	56
FIGURA 6"A"	Presencia de gallina ciega (<u>Phyllophaga</u> spp.) en los tratamientos evaluados.....	57

EVALUACION DEL SOLARIZADO Y ENCALADO EN EPOCA SECA, PARA EL CONTROL DE *Plasmodiophora brassicae* Woronin, EN BROCOLI *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck, EN EL TEJAR, CHIMALTENANGO.

SOLARIZATION AND LIMING EVALUATION IN DRY SEASON, TO THE CONTROL OF *Plasmodiophora brassicae* Woronin, IN BROCCOLI *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck, AT EL TEJAR, CHIMALTENANGO.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el periodo mínimo de exposición del solarizado sólo o combinado con el encalado para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en época seca, se evaluaron 11 tratamientos que incluyeron Solarizado simple y Solarizado más Encalado en periodos de exposición de 2,4,6 y 8 semanas, Encalado, Dazomet (Tratamiento Químico) y un Testigo Absoluto. La investigación se realizó en El Tejar, Chimaltenango, de marzo a agosto de 1996.

El plástico para solarizado se colocó en marzo para el tratamiento de 8 semanas, con intervalos de 2 semanas para los de menor periodo, de tal manera de retirarlos todos al mismo tiempo. La cantidad de cal a aplicar en los tratamientos fue determinada por el método de Incubación del CaCO_3 . Del producto químico, se aplicaron 48 gr de producto comercial por metro cuadrado.

El solarizado de 8 semanas tuvo la menor incidencia (0%) y

mayor rendimiento (20,250 kg/ha), seguido de solarizado 6 semanas con 1.02% de incidencia y 17,980 kg/ha, la combinación solarizado más encalado 8 semanas con 0% de incidencia y 17,873 kg/ha. En contraposición los tratamientos con mayor incidencia y menor rendimiento fueron el testigo 17% y 13,878 kg/ha, el encalado con 7% y 12,706 kg/ha, así como dazomet con 2.3% y 11546 kg/ha.

El tratamiento con mayor beneficio económico fue el Solarizado de 2 semanas, con una Tasa Marginal de Retorno (TMR) de 223%, sin embargo, todos los tratamientos de solarizado muestran un beneficio neto similar. El encalado y dazomet no tuvieron mayor efecto sobre la enfermedad, y mostraron un rendimiento similar al testigo.

Se recomienda el uso del solarizado de 8 semanas para control de *P. brassicae* Woronin, en época seca, ya que reduce la incidencia de la enfermedad a 0%, incrementa el rendimiento, y a pesar que fue dominado en el análisis de dominancia, su beneficio económico neto es casi igual al solarizado de 2 semanas, que fue el único no dominado, pero que presenta incidencia de la enfermedad.

1. INTRODUCCION

La hernia de las crucíferas, causada por el hongo Plasmodiophora brassicae Woronin, se ha dispersado desde su punto inicial de localización en el Valle de Almolonga, Quetzaltenango en 1974 hacia las regiones productoras de brasicas, (repollo, bruselas, coliflor, brócoli, etc), actualmente se ha reportado en la mayor parte de regiones productoras de brócoli en Guatemala. (4,13)

Dicho hongo presenta características biológicas muy particulares como su fácil dispersión (maquinaria, plántulas de semillero infectadas, semilla de papa) y estructuras de sobrevivencia de largo tiempo (hasta de 20 años), lo que hace que su control sea muy difícil (1). El control químico ha demostrado no ser eficiente en el control de enfermedad, de alto costo y su uso presenta riesgos de contaminación del ambiente y de la salud.(19)

Recientemente se han evaluado métodos alternativos como el encalado y el solarizado, los cuales han demostrado ser más eficientes que los productos químicos (19). En estudios realizados por Paz (22), con Solarizado, Encalado y su combinación, en época de baja radiación solar y alta humedad (octubre, noviembre), se determinó que el solarizado de 6 y 8 semanas simple o combinado con el encalado eran eficientes para el control de la hernia. Tomando en cuenta que es una tecnología relativamente nueva en Guatemala, es necesario evaluar los métodos bajo diferentes condiciones, en este

caso se realizó durante marzo y abril, debido a que las condiciones de humedad y radiación solar son distintas a la época de lluvias, y aprovechando además que la mayoría de los campos de cultivo se encuentran libres en dicha temporada.

La investigación se realizó en la estación experimental de la empresa AGRIPLAN, en el municipio de El Tejar, Chimaltenango, de marzo a agosto de 1996.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La hernia del brócoli Plasmodiophora brassicae Woronin es considerada como la principal enfermedad de este cultivo. La incidencia puede presentarse hasta en un 60 a 70% y en casos extremos hasta de un 100%, ocasionando pérdidas económicas al agricultor (1). Actualmente ya ha sido reportada en 14 departamentos de Guatemala, en las áreas productoras de brócoli, por lo que constituye un problema serio para los productores (4).

Los métodos químicos de control han demostrado ser deficientes, debido a la forma de supervivencia del patógeno, el cual una vez establecido se mantiene por tiempo indefinido, además del costo económico y ecológico que implica su uso (1,22).

Recientemente se han evaluado métodos físicos de control de la hernia como el encalado y solarizado, y se ha encontrado que son eficientes (19,22). Sin embargo, dichos ensayos se han realizado en épocas de lluvias, en las cuales los niveles de humedad son altos pero la radiación solar es baja por efecto de la nubosidad. La cantidad de radiación solar y la humedad son factores muy importantes que influyen en la eficiencia del solarizado (8,18,21).

Por lo anterior es necesario evaluar el comportamiento del solarizado como método de control de la hernia bajo condiciones diferentes de humedad y régimen de radiación solar.

3. MARCO TEORICO.

3.1 MARCO CONCEPTUAL.

3.1.1 CULTIVO DEL BROCOLI

El brócoli tiene su ancestro en una planta silvestre que llegó del Mediterráneo o Asia Menor a Inglaterra, Dinamarca, Francia y España. Actualmente se cultiva para la producción de brotes y flores para su consumo en fresco y congelado (3,5).

Taxonómicamente se ubica dentro de la división Magnoliophyta, subclase Dillenidae, orden Caparales, familia Brassicaceae, y la especie se denomina Brassica oleracea var. itálica, del grupo de plantas llamadas coles (5).

La planta produce brotes o inflorescencias en forma de cabezas aéreas de color verde azulado, su ciclo vegetativo fluctúa entre los 90 a 110 días, 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. (5).

3.1.1.1 Importancia económica

El brócoli constituye una de las hortalizas de mayor importancia económica en Guatemala, y ésta se debe a su carácter de producto de exportación. En el año de 1995-96 hubo una producción de 35.45 millones de kilogramos, de los cuales se exportó el 53.7 %

(19.02 millones), generando más de 23 millones de quetzales, y se estima que en 1997 tiende a aumentar (14). El destino de la exportación es de más del 80% para Estados Unidos y el resto para algunos países europeos (17).

Actualmente se cultiva brócoli en 13 departamentos del país, dentro de los más importantes se cita a San Marcos, Quezaltenango, Sololá, Quiché, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Jalapa, Alta y Baja Verapaz. En otras zonas con climas adecuados para el desarrollo del cultivo, existen prácticas de siembra del mismo, en menor producción. En las zonas productoras existen plantas de procesamiento en donde se llevan a cabo actividades de clasificación, empaque y embarque, lo cual genera empleo para muchas personas, siendo por ello, el brócoli, un cultivo que actualmente tiene gran importancia socioeconómica en Guatemala (4).

3.1.1.2 Requerimientos climáticos y edáficos.

El brócoli requiere de climas frescos o templados, y bajo ciertas condiciones se da en climas que tienden a ser cálidos. La temperatura óptima oscila entre 15 y 21 °C, temperaturas demasiado frías no las resiste, y no produce bien sus yemas florales a temperaturas por encima de los 30 °C (16).

El brócoli se adapta a diferentes condiciones de suelo, sin embargo, prefiere los francos o franco-arcillosos, con buen contenido de materia orgánica y un pH que oscile entre 6.0 y 7.0 (16).

3.1.2 HERNIA DE LAS COLES

El patógeno responsable de la enfermedad llamada hernia o nudo de la raíz de las crucíferas, es el hongo *Plasmodiophora brassicae* Woronin, taxonómicamente se halla dentro de la división Myxomycota, la cual incluye a los hongos que no producen un micelio verdadero, clase Plasmodiophoromycetes, pertenece al orden Plasmodiophorales y a la familia Plasmodiophoraceae (1).

La hernia es una enfermedad ampliamente difundida en muchos países de Europa y América donde ocasiona serios daños a la economía (26).

3.1.2.1 Sintomatología

Las plantas que han sido infectadas poseen hojas amarillentas o de un color verde pálido que se debilitan y marchitan a medio día en días cálidos y soleados, pero que se recuperan durante la noche. Las plantas afectadas muestran un desarrollo casi normal al principio, pero más tarde se atrofian gradualmente. La enfermedad puede destruir a las plantas jóvenes al cabo de un breve tiempo después de haberse producido la infección, mientras que las plantas adultas sobreviven pero no producen cosechas comerciables (1).

Los síntomas más característicos de la enfermedad aparecen sobre las raíces y en ocasiones en la porción aérea del tallo. Estos se caracterizan por la aparición de pequeños o grandes hinchamientos, esféricos o en forma de masa en las raíces y

raicillas. Estas malformaciones pueden aislarse y cubrir sólo parte de algunas raíces o bien pueden coalescer y cubrir todo el sistema radicular de una planta. Las raíces más viejas y por lo común las más grandes que han sido infectadas, se desintegran antes del término de la estación de crecimiento debido a la invasión de bacterias y otros microorganismos parásitos débiles del suelo (1).

3.1.2.2 Ciclo de vida

El hongo que ha sobrevivido en el suelo en forma de esporas de reposo, libera zoosporas secundarias, cuando se presentan las condiciones adecuadas. Estas zoosporas infectan la planta a través de los pelos radiculares, sin embargo, también lo puede hacer por heridas, tallos aéreos y raíces engrosadas. La germinación de la zoospora produce una masa mucilaginosa que contiene muchos núcleos, denominado plasmodio, el cual avanza hacia las células corticales y llega al cámbium. Desde ahí, el plasmodio se propaga en todas direcciones, hacia la corteza xilema y radios medulares. Los plasmodios dentro de los tejidos estimulan a las células a agrandarse y dividirse anormalmente (hipertrofia e hiperplasia). 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. El estímulo

al cual se debe el crecimiento anormal de las células, al parecer, se difunde conforme avanza el patógeno y ataca a las células no invadidas de los tejidos enfermos, así como a las que ya han sido infectadas. El hongo forma esporas de reposo dentro de las células infectadas. Las células agrandadas se rompen fácilmente y pueden ser invadidas por microorganismos secundarios del suelo. El rompimiento de células, produce la liberación de la esporas de latencia al suelo, en el cual pueden sobrevivir por tiempo indefinido. (1,26)

3.1.2.3 Condiciones adecuadas de desarrollo

Las condiciones favorables para el desarrollo de la patogenicidad 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 %, pH de 5 a 7; cuando todos estos factores llegan a conjugarse, la infección puede alcanzar incidencias hasta un 100%. (26)

3.1.2.4 Métodos de control

Agrios (1), indica que debe evitarse cultivar crucíferas en suelos infectados con el patógeno. De no ser esto posible, debe sembrarse en suelos bien drenados y con pH neutro o ligeramente arriba de éste. En suelos con pH bajo, puede elevarse adicionando cal. Se sugiere también el uso de fumigantes del suelo, aunque para

áreas extensas resulta incosteable. El uso de variedades resistentes hasta ahora ha tenido muy poco éxito, debido al aparecimiento de nuevas razas sumamente virulentas del patógeno, en terrenos con uso extensivo de esas variedades.

García (12), también recomienda rotación de cultivos a largo plazo, encalado del suelo, así como una adecuada inspección y selección de plantas sanas en el semillero, previo al trasplante.

Dentro de los métodos recientes, varios autores señalan formas de control físico como el solarizado, como una alternativa muy eficiente para el control de la hernia. (19,22)

3.1.3 SOLARIZACION.

3.1.3.1 Definición.

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

La solarización también mejora la estructura del suelo e incrementa la disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes esenciales (8).

Las láminas pueden dejarse sobre el suelo por un periodo de 4 a 6 semanas recomendablemente, sin embargo, por existir algunos organismos resistentes, éste se puede prolongar hasta 8 semanas. Pasado el periodo indicado, el suelo se descubre y se procede a la siembra (7).

Algunas plagas del suelo y malezas han sido parcialmente controladas en algunos vegetales y frutas con la aplicación de pesticidas, incluyendo bromuro de metilo y cloropicrina. Como siempre, el uso de estos fumigantes del suelo es muchas veces indeseable debido a la toxicidad de éstos para animales y humanos, sus residuos tóxicos en los materiales de las plantas y el suelo, la complejidad del tratamiento del suelo, y su alto costo. Además, las restricciones de uso de muchos pesticidas aplicados al suelo. Como resultado de estas restricciones ha habido un mayor énfasis en métodos de control no químicos (8).

3.1.3.2 Escencia del método y condiciones de implementación

El principio básico sobre el cual se basa la solarización reside en la tolerancia a los cambios de temperatura de los organismos nocivos del suelo, los cuales tienen carácter mesofílico, es decir, no soportan temperaturas por encima de los 31-32 °C, por lo que su eliminación es factible si se logra tales niveles térmicos en el suelo (18).

Este método fue ensayado y propuesto por primera vez por Katan en Israel. Es un proceso hidrotérmico que crea condiciones de altas temperaturas en el suelo, lo que resulta del principalmente en el periodo de pre-siembra o preplantación para controlar un buen número de plagas del suelo (18).

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

A. Características del plástico

Generalmente se utiliza películas transparentes de polietileno, aunque en algunos casos las de color negro se han utilizado con el mismo fin. El polietileno, es el plástico más recomendado, ya que permite mayor paso de la radiación solar (18). La mayoría de experiencias en solarización demuestran que los plásticos más delgados son más eficientes que los gruesos debido a que se adhieren mejor a la superficie del suelo y evitan la presencia de bolsas de aire que ocasionarían el enfriamiento del mismo (21).

B. Preparación del suelo

Es indispensable evitar la presencia de agregados y terrones grandes que formen bolsas de aire que enfríen el suelo. Si se quiere evitar esto, la preparación del suelo debe ser cuando éste está húmedo, lo cual permite un desmenuzamiento adecuado de los terrones. La absorción de la radiación por el suelo y

consecuentemente el calentamiento del mismo es mayor, si la película de plástico se encuentra estrechamente unida al suelo con un mínimo de espacio entre el plástico y el suelo (21).

C. Humedad del suelo

Los suelos húmedos, ya sea irrigados antes o después de la colocación del plástico incrementan la sensibilidad térmica de la microflora y microfauna del suelo, así como la transmisión del calor del suelo (18,21). La solarización del suelo es más efectiva cuando el suelo tiene una saturación del 70% ó más de su capacidad (8).

D. Régimen de radiación solar

Uno de los factores que mayor impacto van a mostrar sobre la eficiencia de la técnica de solarización es, sin lugar a dudas la cantidad de radiación solar disponible en la región; en forma general se puede establecer que a mayor intensidad de la radiación solar se obtiene una mayor temperatura del suelo y consecuentemente se puede esperar una drástica reducción en los niveles de hongos fitopatógenos (21).

E. Tiempo de permanencia del plástico en el terreno

Se ha observado que existe una correlación positiva entre tiempo de exposición de las películas plásticas y control de

microorganismos y plagas del suelo. En condiciones de intensa radiación solar, se requiere únicamente de 10 a 15 días de solarización para una desinfección adecuada del suelo (21). Aunque, como lo indica Elmore (8), algunos organismos relativamente resistentes al calor pueden requerir hasta 8 semanas para su control.

3.1.3.3 Resultados de la solarización sobre diferentes plagas

A. Malezas

La solarización del suelo es especialmente efectiva para el control de malezas en cultivos como cebolla, zanahoria, brócoli y otras brasicas como la lechuga (8). La Técnica controla plantas parásitas, ejerce control sobre gran cantidad de especies anuales y posee deficiencias en el control de especies perennes con rizomas o bulbos a cierta profundidad del suelo (21).

Semillas y plántulas de muchas malezas anuales y perennes son controladas con solarización del suelo. Algunas especies son muy sensitivas a la solarización, otras son moderadamente resistentes y requieren de condiciones óptimas (buena humedad del suelo, plástico adecuado, alta radiación solar) para su control (8).

Las malezas anuales son especialmente sensitivas a la solarización. Su control es evidente por más de un año después del tratamiento. El control de algunas especies como Portulaca oleracea (L.) y Digitaria sanguinalis (L.) Scop, es más difícil de lograr (8).

Semillas de pasto bermuda (Cynodon dactylum (L.) Pers), pasto johnson (Sorghum halapense (L.) Pers), son controladas efectivamente, sin embargo, Cyperus rotundus (L.), no es afectada significativamente (8).

La presencia de malezas durante la solarización puede tener efectos negativos sobre las películas al romper las mismas por la presión que ejercen contra éstas, a medida que van creciendo, lo cual hace ineficiente el solarizado. Gaitán (11), menciona a la verdolaga (Portulaca oleracea L.) y bledo (Amaranthus spp.) como malezas resistentas al efecto del solarizado.

Es necesario también tomar en cuenta que el solarizado puede tener efecto estimulador sobre algunas malezas como Trifolium hirsutum (L.). (8). Además, se ha demostrado que en condiciones de baja radiación solar el uso intensivo de solarización puede favorecer la predominancia de especies de malezas con ligera tolerancia o mediana resistencia a los incrementos de temperatura en el suelo (21).

B. Hongos fitopatógenos

La mayor parte de hongos fitopatógenos son incapaces de soportar temperaturas arriba de los 30 a 33 °C y son susceptibles a ser controlados con solarización del suelo. Algunas excepciones incluyen hongos como Macrophomina phaseolina (Tassi) Goidanich, Pythium aphanidermatum (Edson) Fitzp, Fusarium oxysporum (Shlechtend) f.sp. opini, y especies de Aspergillus spp., Penicillium spp., y Mycorrhizae spp. (8).

Resultados en arveja china, en Sacatepéquez, Guatemala, indican que hongos como Fusarium solani (Mart), Rhizoctonia solani (Kuhn), Fusarium oxysporum (Shlechtend) y Ascochyta sp., fueron controlados en porcentajes arriba del 70% en todos los casos (11).

Con el hongo Plasmodiophora brassicae (Woronin) se a evaluado la técnica en Chimaltenango, Guatemala, en el cual se ha logrado reducir la incidencia de la enfermedad a 0%, utilizando solarizado simple y en combinación con encalado (19,22).

En trabajos realizados en España, en cultivos de sandía y algodón, los hongos Fusarium oxysporum (Shlechtend) y Verticillium dahliae (Kleb) fueron controlados eficientemente con solarizado del suelo. El hongo Fusarium solani (Mart), en frijol, también tuvo un buen control con solarización del suelo, en el Norte de Irak. Se ha comprobado también el efecto subletal que tiene el solarizado sobre algunos propágulos de hongos, haciendo más susceptibles éstos al ataque de antagonistas. Trabajos con Pythium ultimum (Trow), Rhizoctonia solani (Kuhn), Verticillium dahliae (Kleb), y Thielaviopsis basicola (Berk & Broome Ferraris), demuestran lo anterior (7).

Con solarizado se ha reducido la enfermedad del frijol enano, causada por Sclerotium rolfsii (Sacc), cabeza pequeña y pudrición de la lechuga por Sclerotinia minor (Jagger) y Rhizoctonia solani (Kuhn) (7).

C. Nematodos

La solarización del suelo puede ser usada para el control de

muchas especies de nemátodos. Sin embargo, la solarización del suelo no siempre es tan efectiva en el control de nemátodos como lo es con los hongos y malezas. Los nemátodos son móviles y pueden recolonizar rápidamente el suelo (8).

El uso de la solarización para el control de nematodos ha sido ampliamente estudiada en diferentes países y para diferentes géneros y especies de nemátodos, sin embargo, la mayor parte de estudios se han inclinado hacia especies de Meloidogyne. Los resultados para este género han sido muy variables y van desde los pobres hasta los muy efectivos. Otros nematodos en los cuales se ha evaluado el solarizado incluyen a Pratylenchus spp., Ditylenchus dipsaci (Kuhn), Heterodera spp., Rotylenchulus reniformis (Linford & Oliveira), Tylenchorhynchus spp., Macroposthonia spp., y Trichodorus spp., entre otros. El control de nematodos con solarizado ha sido más efectivo cuando se integra con otros métodos, que cuando se aplica solo (10).

En arveja china, se reporta el control de Meloidogyne, Xiphinema, Longidorus, Aphelenchus, Aphelenchoides y Tylenchus, usando solarizado del suelo (11).

D. Bacterias

Durante la solarización del suelo, poblaciones de Pseudomonas fluorescentes (Winslow) y bacterias gram positivas, incluyendo especies de Bacillus, pueden ser reducidas de un 78 a 86%, comparado con suelos no solarizados. Asimismo, poblaciones de Actinomycetos son reducidos de 45 a 58 % (7).

Agrobacterium spp. es altamente sensible a la solarización y sus poblaciones son reducidas arriba del 72%, lo mismo ocurre con especies de Rhizobium (7).

Algunas especies de bacterias como Pseudomonas solanacearum (E.F. Smith) son difíciles de controlar mediante el uso de la solarización del suelo. Sin embargo, Agrobacterium tumefaciens (E.F. Sm. & Towns) y Streptomyces scabies (Thaxter) Wakman, si son controladas mediante el uso de este método (8).

3.2.1.4 Ventajas y limitaciones del solarizado (8,18):

A. Ventajas:

- a. La solarización es un método sencillo y no químico. No hay riesgos de salud asociados con su uso, y requiere de registros como los productos químicos. Las cosechas producidas libres del uso de plaguicidas pueden tener acceso a mejores precios en el mercado.
- b. Controla múltiples plagas y enfermedades del suelo incluyendo enfermedades fungosas, malezas y nemátodos.
- c. Es selectiva para los microorganismos benéficos los cuales aumentan el control sobre las enfermedades y plagas del suelo.
- d. Tiende a incrementar la fertilidad del suelo. Incrementos en la solubilidad de NO_3 , NH_4 , Ca, Mg, K y materia orgánica soluble son comunes después de la solarización.
- e. Puede acelerar la descomposición de materiales aplicados al

suelo como el estiércol fresco.

f. Resulta más económico ya que su efecto puede durar por varios ciclos de cultivo, lo que reduce el uso de plaguicidas, y en algunos casos puede reutilizarse el plástico.

B. Desventajas

a. Su uso se restringe a climas o áreas con veranos calurosos.

b. Es necesario dejar el terreno libre de cultivo en un periodo de 4 a 8 semanas.

c. Hay acumulación de plástico en grandes cantidades cuando se aplica en extensiones muy grandes.

d. Algunas enfermedades no son controladas o su control es difícil con la solarización del suelo.

e. Cuando las cubiertas plásticas son aplicadas en bandas no hay control de plagas en los surcos entre las bandas.

f. Su costo puede ser inaccesible para pequeños agricultores que practican agricultura de subsistencia.

3.1.4 ENCALADO

3.1.4.1 pH o reacción del suelo

El término pH define la acidez o basicidad relativas del suelo (20). La acidez o alcalinidad del suelo influye mucho en el crecimiento de las hortalizas. El pH se determina por el logaritmo

negativo de la actividad de iones de H^+ en la solución o suspensión.

Un ácido se define como un compuesto de aceptar un par de electrones y una base a aquellos que pueden ceder (8,20).

El pH del suelo puede ser afectado por varios factores, y que al final determinan el valor del mismo. El material parental, la lluvia, el tipo de vegetación, la fertilización, la fijación de nitrógeno atmosférico, etc., influyen el grado de acidez o basicidad que pueda presentar un determinado suelo (20).

3.1.4.2 Encalado y materiales que se utilizan en el mismo

El encalado consiste en la adición de sustancias calizas al suelo para neutralizar su acidez o corregir su estructura. El proceso de neutralización en forma simplificada implica la sustitución de dos iones de hidrógeno por dos de calcio en el complejo de intercambio catiónico. Los iones de hidrógeno se combinan con iones de hidroxilo para formar agua, de esa forma el pH aumenta debido a que la concentración de iones de hidrógeno, que son la fuente de la acidez del suelo, disminuye. Los compuestos de calcio más utilizados son el carbonato cálcico (caliza o calcárea), cal viva (óxido cálcico), cal dolomítica y cal calcítica (20). 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 (9).

3.1.4.3 El encalado en el control de la hernia

Se ha comprobado que aumentando el pH del suelo, el hongo es controlado, 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 (1,12,19).

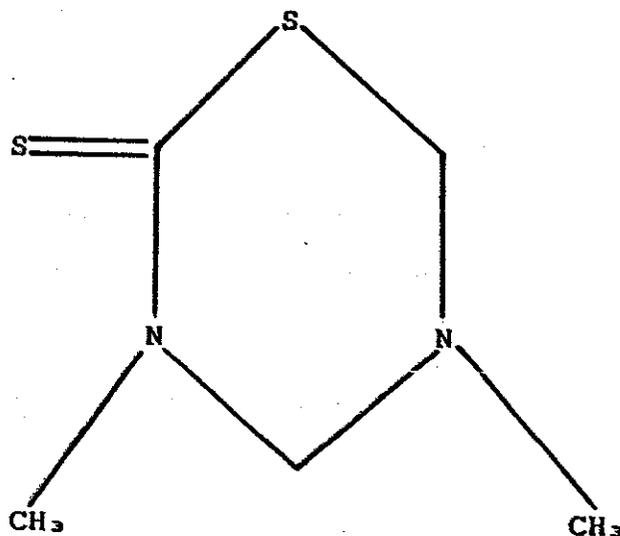
3.1.4.4 Frecuencia y cantidad a aplicar de cal

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 (9). La mejor forma de determinar la frecuencia y la cantidad de cal a aplicar, es mediante un análisis de suelo (20).

3.1.5 CARACTERISTICAS DEL DAZOMET

El producto químico se conoce bajo el nombre comercial de Basamid. Posee una estructura heterocíclica y con la humedad del suelo se rompe esa estructura originando metilisotiocianato y otros productos, en una reacción primaria; los productos secundarios contienen formaldehído que posee también fuerte actividad biocida (2).

3.1.5.1 Fórmula estructural



3.1.5.2 Denominación química

3,5 - dimetil - (2H) Tetrahidro - 1, 3, 5, thiadiazine - 2 - hione

3.1.5.3 Fórmula empírica



3.1.5.4 Propiedades químicas, biológicas y espectro de acción

Su formulación es sólida (granulado, polvo), estado sólido cristalino, punto de fusión de 100 a 103 °C, color blanco gris,

solubilidad en agua de 1200 ppm/30 grados centígrados (2).

En contacto con la humedad del suelo se transforma en sustancias que poseen acción esterilizante entre los organismos que contienen las partículas del suelo, el gas así formado se distribuye en los espacios libres y poros del suelo, la actividad depende de la concentración, así como de su tiempo de acción sobre el organismo patógeno, como además influye el estado en que se encuentra el patógeno (2).

El espectro de acción del mismo, incluye malezas de hoja ancha y gramíneas, hongos, nemátodos, bacterias e insectos del suelo (2).

3.2 MARCO REFERENCIAL.

El método de solarización del suelo, fue evaluado por primera vez por Katan en 1976, para el control de Verticillium en berenjena. De ahí en adelante, se han evaluado muchos trabajos de solarización del suelo, para el control de plagas y enfermedades del suelo (7).

Las áreas de realización de los trabajos, comprenden varios países con diferentes cultivos y patógenos, por ejemplo Irak (Frijol: Fusarium solani Mart), Siria (Ajo: Sclerotium), España (Sandía y Algodón: Verticillium y Fusarium), Jordania (Tomate), Italia (Nemátodos), Egipto (Pratylenchus y Verticillium dahliae Kleb), Marruecos (Tomate: Fusarium oxysporum Schlechtend f.sp. lycopersici, Verticillium dahliae Kleb, Didymella lycopersici Sacc), Libia (Patógenos del suelo en general), Grecia (Prunus: Verticillium

y Rossellinia necatrix Drill) (7). Además existen trabajos publicados sobre solarizado para control de malezas (7).

En el caso particular de Guatemala, se han hecho ya varios trabajos relacionados con solarización del suelo. El primero fue realizado por Gaitán (11), en su trabajo de tesis, al evaluar el solarizado en diferentes períodos de exposición y grosores de cubierta plástica, para el control de patógenos del suelo, en arveja china, dando buenos resultados al disminuir 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 nematodos como Meloidogyne, Xiphinema, Longidorus y Trichodorus, obteniéndose diferencias estadísticas entre los dos métodos de desinfestación evaluados (solarizado y químico) y el testigo absoluto. Los tratamientos de menor porcentaje de incidencia y mejor resultado económico, que fueron de 8 y 6 semanas de exposición a la radiación solar, calibre 1.25 milésima de pulgada (11).

En brócoli, se han realizado dos trabajos, uno de ellos fue hecho por López Quiñónez (19), quien evaluó solarizado simple y en combinación con encalado y productos químicos, en Patzicía, Chimaltenango, para determinar su eficiencia en el control de la hernia del brócoli (Plasmodiophora brassicae Woronin). Este encontró que el solarizado simple, el encalado y la combinación de ambos, presentan un buen control sobre el patógeno, ya que reducen la incidencia, e inducen un aumento en el rendimiento del cultivo, además de no presentar riesgos de contaminación por el uso de los

mismos, en comparación con los métodos químicos.

El segundo trabajo fue realizado por Paz (22), quien evaluó diferentes periodos de exposición de solarizado y solarizado-encalado, además de encalado solo, como métodos de control de la hernia del brócoli (*P. brassicae* Woronin), durante el periodo comprendido de octubre a diciembre. Este indica que el solarizado y solarizado encalado, con exposiciones de 6 y 8 semanas ejercen un buen control sobre la enfermedad, pero recomienda el uso del solarizado simple con 8 semanas de exposición, ya que resulta más económicamente factible.

Solis (25), también realizó un trabajo con solarizado en semilleros de café, en Esquipulas, Chiquimula. El mismo evaluó varios periodos de exposición de las cubiertas plásticas y lo comparó con un testigo químico y un testigo absoluto. Al final encontró que el solarizado con un periodo de exposición de 6 semanas fue el mejor tratamiento, ya que permite el control de hongos que provocan enfermedades en semilleros de café, y resulta más económico y menos dañino en comparación con el químico.

En trabajos con encalado, para control de la hernia de las coles, sólo Godínez (13), ha evaluado diferentes aplicaciones de cal hidratada, en el valle de Almolonga, Quezaltenango. Este comprobó que con la aplicación de la cal al suelo, es controlada la enfermedad de las coles. En este ensayo se estimó que la dosis adecuada era una onza de cal por postura.

La presente investigación se realizó en el área experimental de la agroexportadora AGRIPLAN, S.A., ubicada en el municipio de El

Tejar, Chimaltenango (Figura 4"A"). Esta se ubica a una altura de 1765 msnm, sus coordenadas son 14° 38' 45" Latitud Norte y 90° 47' 30" Longitud Oeste (15).

La misma se encuentra comprendida dentro de la zona de vida Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB), con temperaturas que oscilan entre 15 y 23 °C. La precipitación pluvial se presenta de mayo a octubre, y varía entre 1057 y 1588 mm. con un promedio de 1344 mm. anuales. La vegetación natural es pino con bosque mixto, con clima templado e invierno benigno (6).

Según, el mapa de Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala, elaborado por Simmons et al (23), los suelos del área corresponden a la serie Tecpán, los cuales pertenecen a la altiplanicie central, son profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, el relieve es plano a ondulado, con buen drenaje interno.

4. OBJETIVOS

GENERAL:

Determinar la eficiencia del solarizado y encalado, simples y combinados, durante la época seca (marzo-abril), para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en brócoli.

ESPECIFICOS:

1. Encontrar el periodo de solarizado o solarizado-encalado que permita el control del patógeno en época seca y que sea económicamente factible en su uso.
2. Determinar si los tratamientos combinados son más eficientes que los simples.
3. Determinar el efecto del encalado sobre la incidencia de la enfermedad y rendimiento del cultivo.

5. HIPOTESIS

1. En época seca el solarizado o solarizado-encalado requiere menor periodo de exposición para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin, debido a que la intensidad de radiación solar es mayor que en época húmeda.
2. El solarizado en combinación con encalado es más eficiente que el solarizado simple para el control de *P. brassicae* Woronin, debido a que hay un efecto aditivo de ambos métodos.

6. METODOLOGIA

6.1 Tratamientos evaluados

Dentro de los tratamientos se incluyeron 4 periodos de solarizado, 4 periodos de la combinación Solarizado más Encalado, Encalado sólo, comparados contra un Testigo Absoluto y un Testigo Químico. En el cuadro 1 se resumen los tratamientos utilizados. En la figura 5"A" se presenta la distribución de los tratamientos en el campo.

CUADRO 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

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

6.2 Descripción de los tratamientos

6.2.1 Solarizado

Se utilizó cubiertas plásticas transparentes Ecocontrol, de 1.25 milésimas de pulgada de grosor, colocándolo sobre el suelo y enterrándolo en los extremos de tal manera de no permitir el escape

de calor y entradas de aire, posterior a la preparación de suelo y de un riego profundo hasta dejar el suelo a capacidad de campo. Según el periodo de evaluación del solarizado así fue siendo colocado el plástico en el campo a manera de levantar todos los tratamientos un mismo día.

6.2.2 Encalado

Se realizó un análisis de suelo por el método de Incubación de CaCO_3 para determinar la cantidad de cal Dolomítica a emplear en el área experimental. Este consistió en aplicar diferentes cantidades de cal, a 50 gr de suelo en recipientes, se incubó durante 15 días y luego se midió el pH. Luego se plotearon los valores de dosis de cal en el eje "x" y pH en el eje "y", con los que se construyó una curva. En esa curva se trazó una línea en el valor de pH 7.2 y se extrapolo para determinar la cantidad de cal requerida para llevar el pH a éste valor. Se determinó que la cantidad requerida era 5.26 Tm/ha, y se aplicó la cantidad equivalente para las parcelas, 60 días antes del trasplante. Se esparció la cal y seguidamente se incorporó a una profundidad de 20 cm.

6.2.3 Solarizado más Encalado

Se incorporó la cal y posteriormente se cubrió el suelo con el plástico, siguiendo el mismo procedimiento usado para el encalado y solarizado.

6.2.4 Testigo químico

Se utilizó el producto químico Dazomet en su presentación comercial Basamid, aplicando 48 g/m² al suelo. Este se incorporó y se aplicó riego hasta capacidad de campo, para evitar escape del producto. 10 días después se removió el suelo para permitir el escape del producto y que éste no dañara las plantas. La aplicación se realizó 20 días antes del trasplante, según las especificaciones de la casa comercial.

6.2.5 Testigo absoluto

No se usó ningún método de control de la hernia.

6.3 Diseño experimental

Para el estudio se utilizó un diseño en bloques al azar, con 11 tratamientos y 3 repeticiones. Cada unidad experimental constó de 30 m², separadas 1.0 m entre bloques y 0.5 m entre tratamientos (Figura 5"A"). Las plantas se sembraron a 0.5 por 0.5 m al cuadro, constando de 147 plantas las unidades experimentales. El área experimental total fue de 990 m².

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

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Variable respuesta
 μ = Efecto de la media general
 τ_i = Efecto del i...ésimo tratamiento
 β_j = Efecto del j...ésimo bloque
 ϵ_{ij} = Error experimental en la ij...ésima unidad experimental

6.4 Variables de respuesta

6.4.1 Incidencia de la enfermedad

Se arrancaron las plantas extrayendo el sistema radicular y se determinó la cantidad de plantas enfermas (que presentaban hinchamientos en la raíz) y de plantas sanas por unidad experimental. La incidencia se expresó en porcentaje, utilizando la siguiente relación:

$$\text{PORCETAJE DE INCIDENCIA} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas por unidad experimental}} \times 100$$

6.4.2 Rendimiento

Se cosecharon los floretes de brócoli (inflorescencia de la planta) en su punto óptimo de madurez, según los estándares de calidad de AGRIPLAN y se determinó el rendimiento en kg/ha.

6.4.3 Diámetro y peso promedio de floretes

Se determinó peso y diámetro de 25 floretes por unidad experimental, seleccionados al azar, tomando 5 floretes durante cada uno de los 5 cortes.

6.4.4 Días a la cosecha y número de floretes cosechados

Se tomó la fecha de inicio de cosecha, la cantidad de floretes durante cada corte, y el total de floretes que se cosechó por repetición y tratamiento.

6.4.5 Presencia de Gallina ciega

Esta variable no estaba contemplada en el anteproyecto. Sin embargo, al momento de la cosecha se observó presencia de larvas en los tratamientos que no incluían el solarizado. Se tomaron 10 plantas en los 2 surcos centrales de cada unidad experimental, se tomó el suelo y raíces completas y se desmenuzó en el campo, contándose el número de larvas presentes por planta, luego se calculó el número de larvas por unidad experimental y por tratamiento. Los datos no se presentan en los resultados sino únicamente se citan en el anexo.

6.5 Análisis de la información

6.5.1 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para las variables de respuesta de porcentaje de incidencia, transformado por fórmula de

arcoseno; para rendimiento, número de floretes cosechados, peso y diámetro de floretes. En las que se encontró diferencias significativas entre los tratamientos se les aplicó una prueba de Tukey para comparar los tratamientos.

Se realizó una correlación entre rendimiento e incidencia, utilizando un análisis de varianza multivariado para eliminar las fuentes de variación del modelo empleado.

6.5.2 Análisis económico

Se utilizó un análisis de dominancia en base a un presupuesto parcial que se elaboró. A los tratamientos no dominados se les calculó la tasa marginal de retorno (TMR). Para calcular el beneficio bruto se consideró los resultados del análisis estadístico, utilizando la media de los tratamientos con igual valor estadístico.

6.6 Manejo del experimento

6.6.1 Preparación del terreno

El terreno se preparó previo a la colocación de los tratamientos, realizando un riego profundo, arado y rastreado, para que el suelo estuviera bien mullido y se evitara la presencia de agregados grandes que pudieran interferir con la eficiencia del solarizado.

6.6.2 Riego

Este se aplicó previo a la colocación de aquellos tratamientos que incluyeran solarizado. El mismo se realizó llevando el suelo hasta capacidad de campo, un día antes de la colocación del plástico.

6.6.3 Control de plagas y enfermedades

Se hicieron aplicaciones de insecticida biológico Bt (Bacillus thuringiensis Berliner) para control de Plutella xylostela L. La presencia de la misma se determinó en base a muestreos que se realizaron desde que inició la formación de floretes. Asimismo, se aplicó el fungicida Hidróxido de Cobre a los 45 días después del trasplante para disminuir la incidencia de la mancha de la hoja (Alternaria brassicae Nees).

6.6.4 Control de malezas

Esta se realizó aplicando un herbicida preemergente 10 días antes de la siembra, con lo cual se mantuvo el cultivo limpio durante 45 días. En ese momento se realizó una limpia manual, la cual coincidió con el calzado de las plantas.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Incidencia de Plasmodiophora brassicae Woronin

La incidencia se determinó en el campo después de la cosecha, arrancando las plantas con toda la raíz. Se observó aquellas que presentaban los síntomas típicos de la enfermedad, o sea hinchamientos o abultamientos. En el cuadro 13"A", se presentan los datos de campo obtenidos, con éstos se calculó el porcentaje de incidencia. El análisis de varianza (Cuadro 8"A"), indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($\alpha = 0.05$).

CUADRO 2. Resumen de la prueba de TUKEY, para la variable incidencia (%) de Plasmodiophora brassicae Woronin.

TRATAMIENTO	MEDIA (%)	GRUPO TUKEY
Testigo absoluto	16.60	a
Encalado	6.87	ab
Solarizado 4 semanas	3.73	ab
Solorizado-Encalado 2 semanas	2.56	ab
Testigo Químico	2.27	b
Solarizado-Encalado 4 semanas	1.74	b
Solarizado 6 semanas	1.02	b
Solarizado 2 semanas	0.51	b
Solarizado 8 semanas	0.00	b
Solarizado-Encalado 8 semanas	0.00	b
Solarizado-Encalado 6 semanas	0.00	b

De acuerdo con la prueba de TUKEY (Cuadro 2) puede verse que el Testigo Absoluto presenta mayor incidencia que los tratamientos Testigo Químico, Solarizado de 2, 6 y 8 semanas, y Solarizado más Encalado de 4, 6 y 8 semanas. El resultado obtenido con el Testigo

Absoluto es similar al reportado por Paz (22). Sin embargo, los tratamientos con la menor incidencia son diferentes. En este caso puede observarse que el solarizado de 2 semanas produce efectos similares al de 8 semanas sobre la incidencia, por lo que comparado con los resultados obtenidos por el arriba citado, quien encontró que la menor incidencia la producían tratamientos de Solarizado, Solarizado más Encalado de 6 y 8 semanas o Encalado simple, puede verse que en nuestro caso se pueden lograr resultados similares con períodos de solarizado menores. En la figura 1 se observa gráficamente el comportamiento de la variable incidencia en cada uno de los tratamientos.

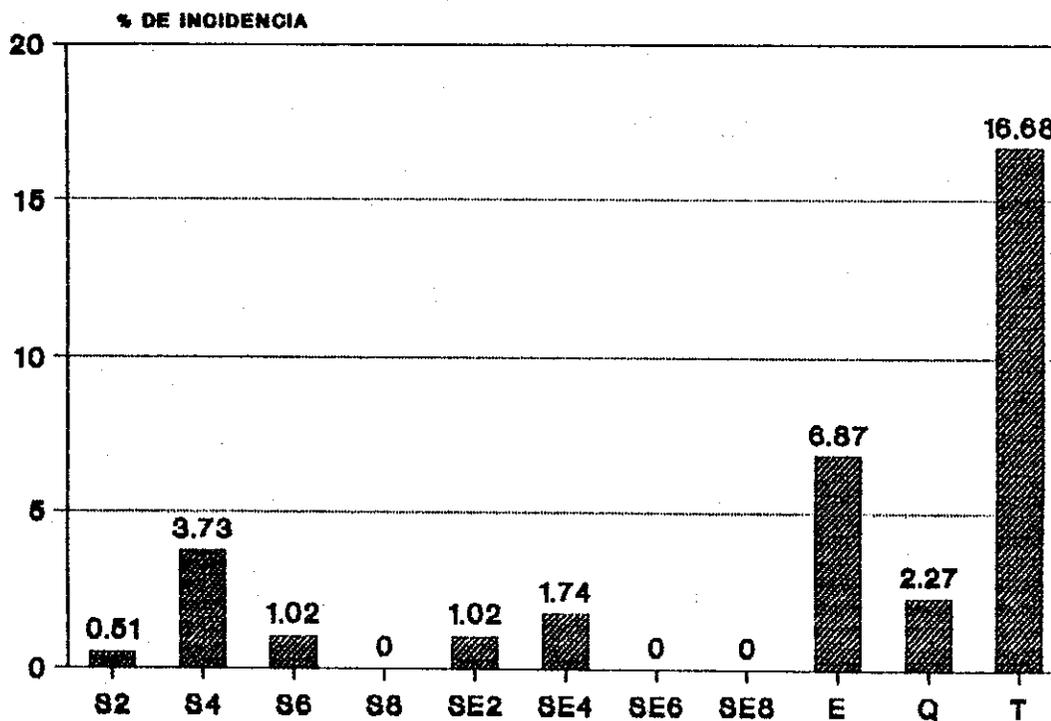


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la incidencia de *P. brassicae* Woronin.

Munro (21), indica que la época del año y la cantidad de radiación solar son factores que presentan una alta influencia sobre la eficiencia del solarizado, y que en épocas de alta radiación solar el período de solarizado puede reducirse hasta 15 días, lo cual concuerda con los resultados obtenidos.

Es importante destacar también que el Encalado muestra un efecto parcial sobre la enfermedad, y no es tan efectivo como lo muestra ser en época de lluvias, ya que Paz (22) reporta a el Encalado simple dentro de los tratamientos con la menor incidencia, al evaluar este en época de lluvias en el Tejar, Chimaltenango. Lo mismo agrega López (19) quien indica que el Encalado redujo la incidencia del hongo, al evaluar métodos físicos para su control en Patzicia, Chimaltenango. Este fenómeno puede explicarse si se toma en cuenta que en los meses de desarrollo del trabajo (marzo, abril), los niveles de humedad son menores, y dada la esencialidad del agua en la reacción de la cal con el suelo, este proceso es mucho más lento, el pH no logra subir lo suficiente, tal como lo demuestra el análisis químico practicado al momento del trasplante (Cuadro 20"A"), y esto se refleja en un menor control de la enfermedad.

Se aprecia también que el período de solarizado que controla la hernia se reduce, ya que el tratamiento de 2 semanas presenta resultados estadísticamente similares a los de 6 y 8 semanas.

Sin embargo, hay que señalar que los tratamientos de 8 semanas de exposición logran reducir a 0 % la incidencia de la

enfermedad. Este dato coincide con los reportados por López (19), y Paz (22), y comprueba que con esta exposición se logra reducir al máximo la incidencia en relación a los otros tratamientos. Esto garantiza un efecto más prolongado de los tratamientos y permite retardar la curva de crecimiento de la enfermedad en el tiempo, lo cual no se logra con los tratamientos en los cuales la incidencia está presente aún en bajos porcentajes como se observa en los tratamientos de Solarizado de 2 y 6 semanas, y Solarizado más Encalado de 4 semanas. Este inóculo presente va a permitir la reproducción y diseminación del patógeno, lo cual puede significar que se necesite aplicar nuevamente el tratamiento, lo cual incrementaría los costos.

7.2 Rendimiento

El rendimiento se calculó luego de cosechar todos los floretes que llenaban los requisitos de corte. Los datos obtenidos en cada una de las unidades experimentales se presentan en el cuadro 12"A".

El análisis de varianza (Cuadro 9"A") indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha = 0.05$).

CUADRO 3. Resumen de la prueba de TUKEY, para la variable rendimiento (kg/ha).

TRATAMIENTO	MEDIA kg/ha	GRUPO TUKEY
Solarizado 8 semanas	20250	a
Solarizado 6 semanas	17980	ab
Solarizado-Encalado 8 semanas	17873	ab
Solarizado-Encalado 6 semanas	17041	abc
Solarizado 4 semanas	16810	abc
Solarizado-Encalado 4 semanas	16691	abc
Solarizado 2 semanas	15839	abc
Solorizado-Encalado 2 semanas	15534	abc
Testigo absoluto	13890	bc
Encalado	12706	bc
Testigo Químico	11546	c

La prueba de TUKEY indica que el tratamiento de Solarizado de 8 semanas supera a el Testigo Absoluto, Encalado y Testigo Químico.

Este resultado difiere con el obtenido por Paz (22), en el tratamiento de encalado, quien al evaluar los mismos tratamientos en los meses de octubre a diciembre, encontró que el Encalado produjo resultados similares al Solarizado de 8 semanas. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el presente trabajo se realizó durante los meses secos, (marzo, abril) y que el contenido de humedad en el suelo es menor durante esta época. El agua es esencial en la reacción de la cal con el suelo (20), y en las circunstancias antes mencionadas esta reacción puede ser mucho más lenta, por lo que los resultados no se observan en tiempos relativamente cortos.

En la figura 2 se observa el comportamiento gráfico de la variable rendimiento en cada uno de los tratamientos.

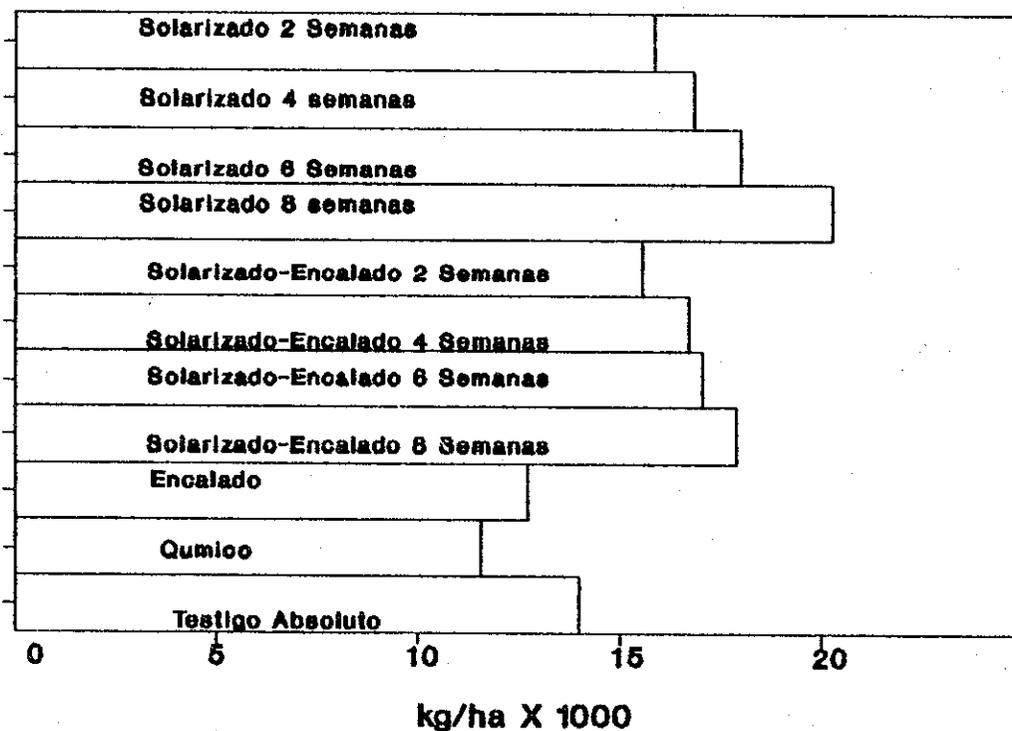


Figura 2. Respuesta en el rendimiento de los tratamientos evaluados para el control de *P. brassicae* Woronin.

El Testigo Químico (Dazomet) fue el tratamiento que presentó el menor rendimiento. Este resultado es similar al que reporta López (19) quien indica que los tratamientos de Solarizado, Encalado y su combinación fueron mejores que el Dazomet, lo cual confirma que el uso del producto químico no aumenta el rendimiento.

Lo que puede verse acá es que el solarizado puede influir no sólo sobre la enfermedad, sino sobre otros factores del suelo como la fertilidad y disponibilidad de nutrientes, los cuales permiten

el aumento en el rendimiento, ya que a pesar de que el químico presenta incidencia baja, no produce un aumento en el rendimiento. Labrada (18), indica que el solarizado hace más accesible los nutrientes del suelo a las plantas, lo cual favorece el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo.

7.3 Peso y diámetro promedio de floretes

Estas dos variables se incluyeron para determinar si el solarizado y/o encalado tenían algún efecto sobre el mismo. El resumen de los resultados obtenidos se observa en el cuadro 14"A".

El análisis de varianza (Cuadro 10"A") indicó diferencias significativas entre pesos de floretes no así en los diámetros ($\alpha = 0.05$).

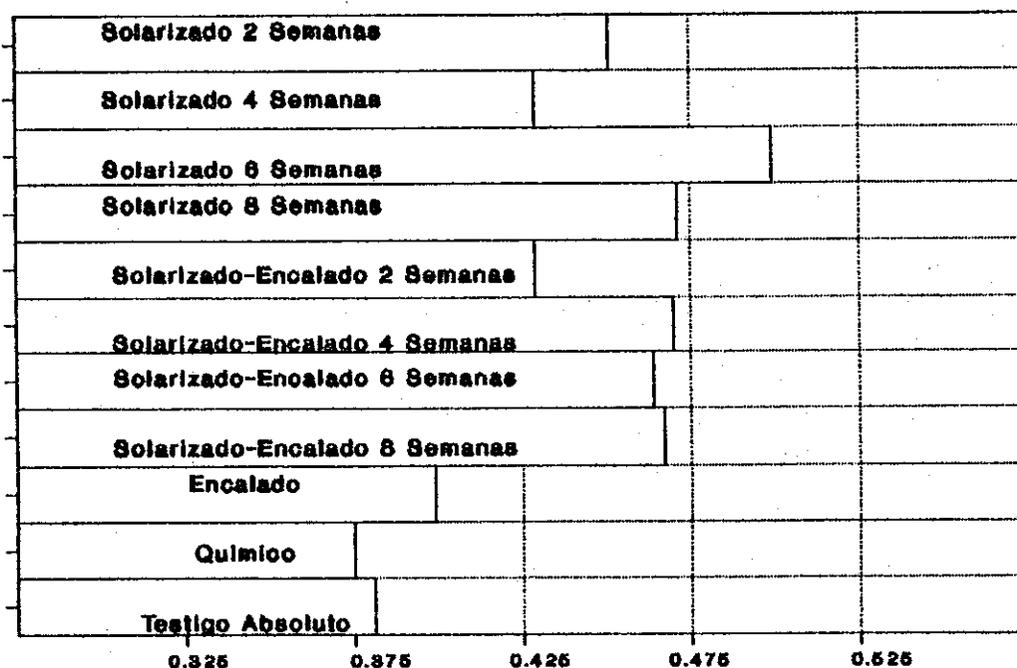
CUADRO 4. Resumen de la prueba de TUKEY, para la variable peso promedio de floretes (kg).

TRATAMIENTO	MEDIA kg	GRUPO TUKEY
Solarizado 6 semanas	0.499	a
Solarizado 8 semanas	0.471	ab
Solarizado-Encalado 4 semanas	0.470	abc
Solarizado-Encalado 8 semanas	0.467	abc
Solarizado-Encalado 6 semanas	0.464	abcd
Solarizado 2 semanas	0.451	abcd
Solarizado 4 semanas	0.442	abcd
Solorizado-Encalado 2 semanas	0.429	abcd
Encalado	0.399	bcd
Testigo absoluto	0.381	cd
Testigo Químico	0.375	d

Del cuadro anterior hay que destacar que los tratamientos de Solarizado de 6 semanas y Solarizado de 8 semanas, son los únicos

que superan a los dos testigos, y por lo mismo puede verse que producen un incremento en el peso de los floretes en relación a éstos. Elmore (8), señala que a menudo en suelos solarizados se produce mayor crecimiento y alta calidad de producción en los cultivos, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta variable. El Testigo Químico mostró el menor peso de floretes, y puede verse que sigue un comportamiento similar al de la variable rendimiento.

El comportamiento gráfico de la variable peso de floretes se observa en la figura 3.



Peso promedio de floretes en kg

Figura 3. Peso promedio de floretes observado en los tratamientos evaluados para el control de *P. brassicae* Woronin.

De lo anterior se deduce que el solarizado en periodos de 6 y

8 semanas si produce un aumento en el peso de los floretes, lo cual se puede observar en el campo, ya que en los tratamientos de solarizado se ve floretes mucho más grandes y que alcanzan la madurez óptima en un tiempo menor.

7.4 Número de floretes cosechados

El número total de plantas por tratamiento originalmente fue de 441 (49000/ha). Sin embargo, en ningún tratamiento se cosechó la totalidad debido a que los floretes no alcanzaron un tamaño adecuado para el corte según los estándares de calidad requeridos, o bien las plantas murieron antes de llegar a su madurez. En el cuadro 6 y 15"A" se observa el número de floretes cosechas por tratamiento y por hectárea respectivamente.

Luego de realizado un análisis de varianza a esta variable se encontró diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)(Cuadro 11"A").

CUADRO 5. Resumen de la prueba de TUKEY, para la variable número de floretes cosechados/ha.

TRATAMIENTO	MEDIA floretes/ha	GRUPO TUKEY
Solarizado 8 semanas	38367	a
Solarizado-Encalado 8 semanas	36825	a
Solarizado 4 semanas	36190	a
Solarizado 6 semanas	35918	ab
Solorizado-Encalado 2 semanas	35011	ab
Solarizado-Encalado 6 semanas	34739	ab
Solarizado-Encalado 4 semanas	34649	ab
Solarizado 2 semanas	32925	ab
Encalado	30839	ab
Testigo absoluto	29751	b
Testigo Químico	26938	b

La prueba de TUKEY, resumida en el cuadro anterior, indica que los tratamientos de Solarizado de 4 y 8 semanas, y el Solarizado más Encalado de 8 semanas producen un mayor número de plantas cosechadas por hectárea. En esta variable influyen varios aspectos, y uno de ellos es la menor incidencia observada en estos tratamientos, lo cual permite que las plantas alcancen un desarrollo y crecimiento superior a aquellas afectadas por la hernia, la cual manifiesta dentro de sus síntomas estos precisamente, escaso desarrollo en las plantas. Se ve también que hay un grupo intermedio que incluye solarizado de 2 semanas y solarizado encalado de 2 y 4 semanas cuyos resultados pueden llegar a ser similares a los de 6 y 8 semanas, pero también similares a los testigos.

Por otra parte puede verse que los tratamientos con menor número de plantas cosechadas por hectárea son el Testigo Químico y el Testigo Absoluto. Si se compara esta variable con la de rendimiento puede verse que siguen un comportamiento similar, ya que es ésto (mayor número de floretes cosechados), lo que determina que el rendimiento sea mayor.

7.5 Días a la cosecha y periodo de cosecha

Los tratamientos de solarizado influyeron sobre la precocidad y uniformidad de la cosecha (Cuadro 6). El tratamiento que indujo más precocidad fue el Solarizado de 8 semanas ya que durante los 3 primeros cortes se cosechó el 69% del volumen total de cosecha

(292 floretes), seguido por el Solarizado más Encalado de 8 semanas que a la misma fecha se había cosechado el 64.8% (266 floretes).

Cuadro 6. Floretes cosechados por fecha de corte en cada uno de los tratamientos de solarizado, encalado y su combinación.

TRATAMIENTO	FLORETES COSECHADOS POR FECHA DE CORTE					TOTAL
	10/8	12/8	14/8	17/8	20/8	
SOL/8	109	81	102	89	42	423
SOL/6	52	75	96	103	70	396
SOL/4	41	68	102	115	73	399
SOL/2	33	53	83	107	87	363
SOL-ENC/8	66	80	120	100	44	410
SOL-ENC/6	63	77	94	94	55	383
SOL-ENC/4	22	74	89	125	72	382
SOL-ENC/2	17	40	103	112	114	386
ENCALADO	2	17	28	122	171	340
DAZOMET	7	29	41	80	140	297
TESTIGO	32	48	50	88	134	352

10/8, 12/8, 14/8, 17/8, 20/8 = Día/Mes (agosto) que se realizó el corte.

Por el contrario, en los tratamientos de encalado y químico así como en el testigo el periodo de cosecha fue mas tardío ya que los cortes con mayor volumen se registraron en los 2 últimos. En el Encalado, el 86% del volumen total de la cosecha se concentra en los dos últimos cortes.

El químico y el testigo se comportan de una manera similar

al concentrar el 63% y el 74% del volumen total de cosecha para los 2 últimos cortes. Estos resultados coinciden con los de Paz (22), quien indica que los tratamientos de solarizado fueron más precoces. Con esto se comprueba que el solarizado puede reducir el ciclo de cultivo, lo cual va incidir en una reducción de costos.

7.6 Correlación entre incidencia y rendimiento

Al utilizar los promedios de la incidencia y rendimiento, y eliminar el efecto de las fuentes de variación del modelo, no se encontró una correlación significativa entre ambas variables ($r = -0.26$, $P > 0 = 0.1399$). Esto no indica que la hernia no tenga efecto sobre el rendimiento del brócoli. Al contrario, hay que considerar que por la época en que se realizó el experimento, el nivel de inóculo es bajo, y por ello no muestra mayores efectos sobre el rendimiento. Sin embargo, con el tiempo ese inóculo llega a ser tan alto que ya no permite el cultivo de brócoli en las áreas donde está presente.

Además hay que tomar en cuenta que el solarizado ejerce influencia sobre otros factores, aparte de la enfermedad, como la disponibilidad de nutrientes, los cuales hace más accesibles a la planta, y por ello se observa mayor crecimiento y rendimiento.

Además de las variables de respuesta reportadas, se determinó la presencia de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) en los tratamientos, como un complemento de los resultados. Con esto se deja planteada la inquietud, para que se realicen trabajos de

investigación más profundos en esa línea, para comprobar el posible efecto que pueda tener el solarizado sobre la plaga. En la figura 6"A", puede verse gráficamente el comportamiento de la plaga en cada tratamiento bajo estudio.

7.7 Análisis Económico

El único tratamiento no dominado en relación al Testigo, fue el Solarizado de 2 semanas (Cuadro 16"A"). Sin embargo, hay que observar en el análisis de dominancia (Cuadro 16"A"), que las diferencias entre los costos variables y beneficios netos en todos los tratamientos de solarizado simple, son mínimas.

Esto hay que analizarlo junto con la variable de incidencia, ya que el tratamiento de solarizado de 8 semanas tiene 0 % de incidencia y un beneficio neto un poco menor que los solarizados de 6, 4 y 2 semanas, los cuales si presentan incidencia. Este inóculo puede inducir a un crecimiento mucho más rápido de las poblaciones del patógeno y a un efecto menos prolongado de los tratamientos. De aquí la importancia de no basarnos únicamente en el análisis económico simple, sino tomar en cuenta las otras variables para seleccionar el tratamiento más adecuado.

La Tasa Marginal de Retorno (TMR) que se obtuvo con el Solarizado de 2 semanas fue de 222.65% (Cuadro 7). Esto nos indica que por cada quetzal invertido se recuperarán ese quetzal y Q 2.23 adicionales. Este valor puede llegar a ser más alto si se considera que el efecto del solarizado puede durar hasta 2 años, y

por lo tanto los costos se pueden reducir aún más. Sitún (24), indica que cuando una tecnología es nueva, como en nuestro caso, es recomendable que la Tasa Marginal de Retorno Mínima (TMRM) sea mayor de 100%. Puede verse que el valor obtenido supera a el mínimo requerido para aceptar una tecnología nueva, por lo que es factible su uso.

CUADRO 7. Tasa Marginal de Retorno, para los tratamientos seleccionados del análisis de dominancia.

TRATAM.	BENEFICIO NETO	COSTO VARIABLE	*BENEFICIO NETO	*COSTO VARIABLE	TMR (%)
TESTIGO	18172	428			
SOL. 2 SEM	20875	1310	2703	1214	222.65

8. CONCLUSIONES

1. En base al comportamiento de las variables incidencia, rendimiento, peso de floretes, cantidad de plantas cosechadas, y el análisis económico, el tratamiento más adecuado para control de la hernia en época seca es el Solarizado de 8 semanas.
2. El encalado en época seca no es eficiente para el control de la hernia, ya que la incidencia fue alta, el rendimiento bajo y similar al Testigo Absoluto, y el análisis de suelo realizado al momento del trasplante indican que no hubo aumento en el pH del suelo.
3. La combinación del solarizado con el encalado no aumenta la eficiencia de los métodos en el control de la hernia.
4. El uso del solarizado aumenta el rendimiento, peso de floretes, permite cosechar mayor cantidad de floretes y reduce el período de cosecha del brócoli.

9. RECOMENDACIONES

1. En época seca se puede utilizar un periodo de solarizado de 8 semanas, ya que se logra reducir la incidencia de la hernia a 0 %, y aumenta el rendimiento del brócoli. A pesar de su costo es un poco mayor y su beneficio neto un poco menor que el solarizado de 2 semanas, logra reducir a 0 % la incidencia, lo cual nos garantiza un efecto más prolongado del tratamiento, lo cual no ocurre con el solarizado de 2 semanas.
2. No utilizar el encalado simple o solarizado más encalado durante época seca, pues en ausencia de suficiente humedad la cal no reacciona con el suelo, no eleva el pH, y por lo tanto no controla eficientemente la hernia y no aumenta el rendimiento.
3. En próximos trabajos de investigación considerar únicamente los periodos de solarizado simple, ya no en combinación con encalado, y aumentar el número de repeticiones, para enriquecer la información obtenida.
4. Evaluar el efecto del solarizado sobre la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), debido a que existe una diferencia muy marcada en relación a la cantidad de larvas, entre tratamientos con solarizado y aquellos en los que no se aplicó éste.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.N. 1995. Fitopatología. México, D.F., Limusa. 838 p.
2. BASF (Alemania). s.f. Basamid-granulado; desinfectante tanto de suelos como contra nemátodos, hongos, insectos y malezas. República Federal de Alemania. 27 p.
3. BIBLIOTECA PRACTICA agrícola y ganadera; práctica de cultivos. 1984. Madrid, España, Océano. 223 p.
4. 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
5. CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica. IICA. 397 p.
6. 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.
7. DE VAY, J.E.; STAPLETON, J.J.; CLYDE, C.L. 1991. Soil solarization. California, Estados Unidos, University of California, Plant Pathology Dept. 395 p.
8. ELMORE, C. 1995. Soil solarization, a non pesticidal method for controlling diseases, nematodes and weeds. In Taller Regional de Solarización del Suelo. (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 27-41
9. FASSBENDER, H.W.; BOERNEMISZA, E. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. p. 161-182.
10. FERNANDEZ, E. 1995. Solarización para el control de nemátodos fitopatógenos. In Taller Regional de Solarización del Suelo. (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 42-54

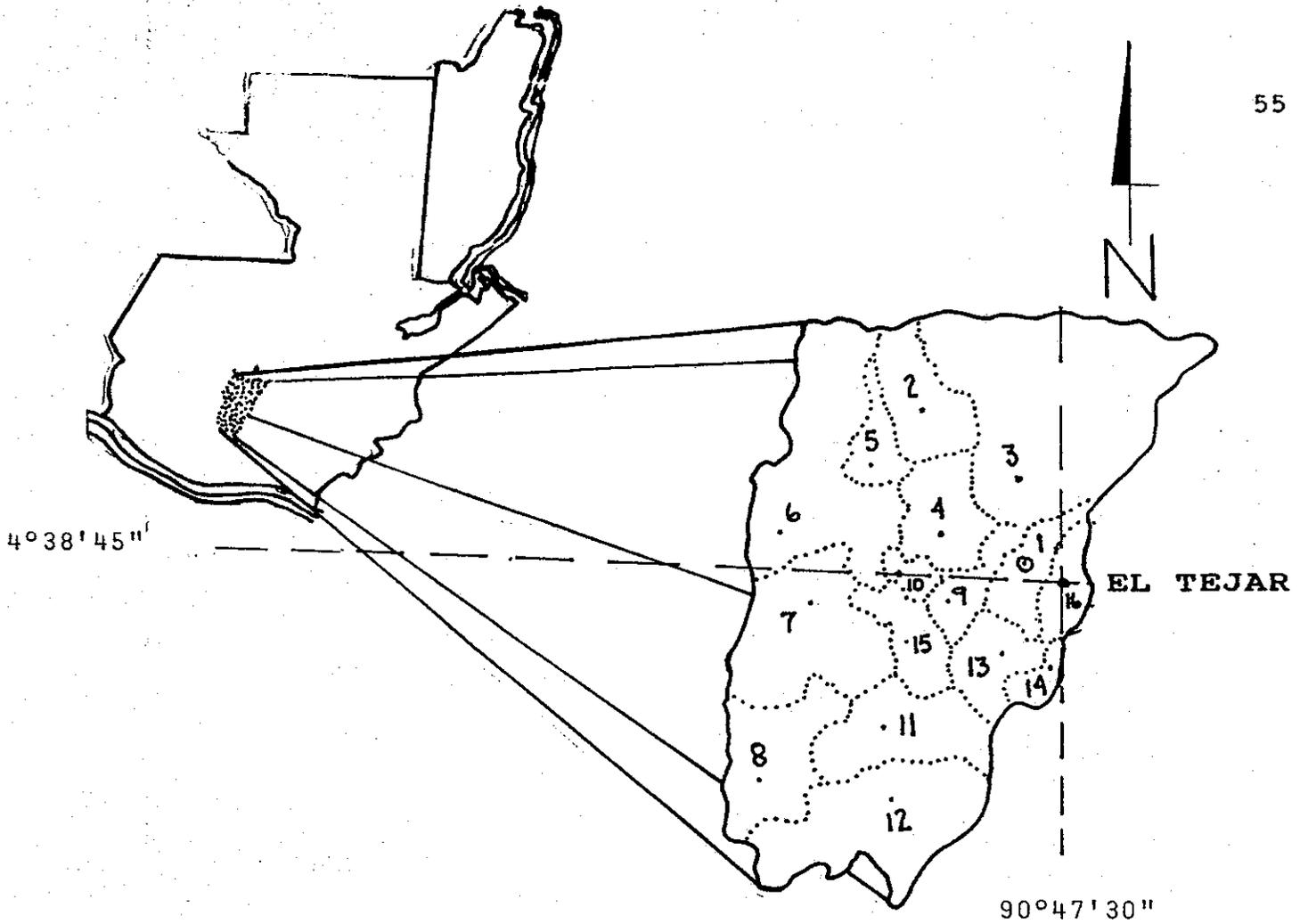
11. GAITAN R., J.M. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china (Pisum sativum L.), durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
12. GARCIA ALVAREZ, M. 1994. Patología vegetal práctica. México, D.F., Editorial Limusa. p. 83
13. GODINEZ FUENTES, R.A. 1976. Ensayo del control de la hernia del repollo (Plasmodiophora brassicae) con diferentes aplicaciones de cal hidratada, en el valle de Almolonga, Quezaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p.
14. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. DEPARTAMENTO DE ESTADISTICAS ECONOMICAS. 1996. Exportación, importación y precios de los principales productos agrícolas. Guatemala. 51 p.
15. ----- . INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. V.4, p. 59-61.
16. GUDIEL, V.M. 1987. Manual agrícola Superb. Guatemala, Superb. p. 95-100.
17. HERNANDEZ, J.A. 1990. Estimación del área y producción de hortalizas y frutas en Guatemala. Guatemala, CIPREDA. 11 p.
18. LABRADA, R. 1995. El desarrollo actual de la solarización del suelo. In Taller Regional de Solarización del Suelo. (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 21-25
19. 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 Patzicia, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 57 p.
20. MANUAL DE fertilidad de los suelos. 1988. Guatemala, USAID-ANACAFE. p. 16-23.
21. MUNRO, D. 1995. Condiciones necesarias para lograr la eficiencia en la técnica de desinfección solar del suelo (Solarización). In Taller Regional de Solarización del Suelo. (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 55-59

22. PAZ KROELL, H.L. 1996. Evaluación de cuatro periodos de solarizado, encalado y sus combinaciones, para el control de la hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae Woronin) en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica Plenck), en el Tejar Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39 p.
23. 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.
24. SITUN ALVIZURES, M. 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agrosocioeconómica. Boletín Informativo, 2/96. 12 p.
25. SOLIS PAIZ, R.F. 1996. Evaluación de periodos de solarizado para el control de patógenos del suelo en semilleros de café, en la finca La Planta, Esquipulas, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 77 p.
26. WALKER, J.C. 1965. Patología vegetal. Barcelona, España, Omega. p. 345-349.

No. Do.
Ratualle



11. ANEXO

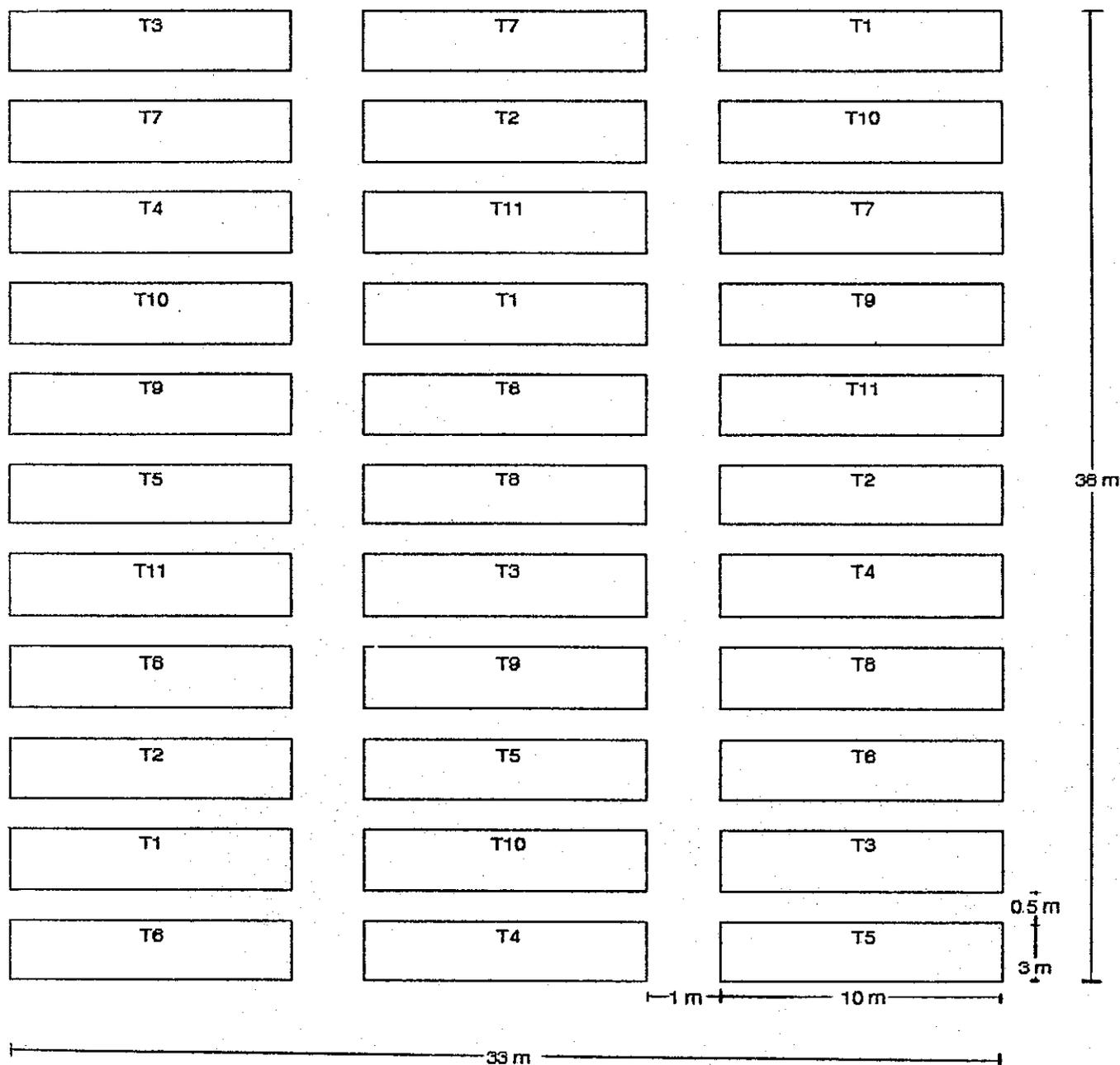


Municipios de CHIMALTENANGO:

1. Chimaltenango
2. San José Poaquil
3. San Martín Jilotepeque
4. Comalapa
5. Santa Apolonia
6. Tecpán Guatemala
7. Patzún
8. Pochuta
9. Patzicía
10. Santa Cruz Balanyá
11. Acatenango
12. Yepocapa
13. San Andrés Itzapa
14. Parramos
15. Zaragoza
16. El Tejar

FIGURA 4"A". Ubicación del área experimental en el municipio de El Tejar, Chimaltenango.

B L O Q U E S



ESC. 1:250

FIGURA 5"A". Croquis de campo de la distribución de los tratamientos y sus repeticiones.

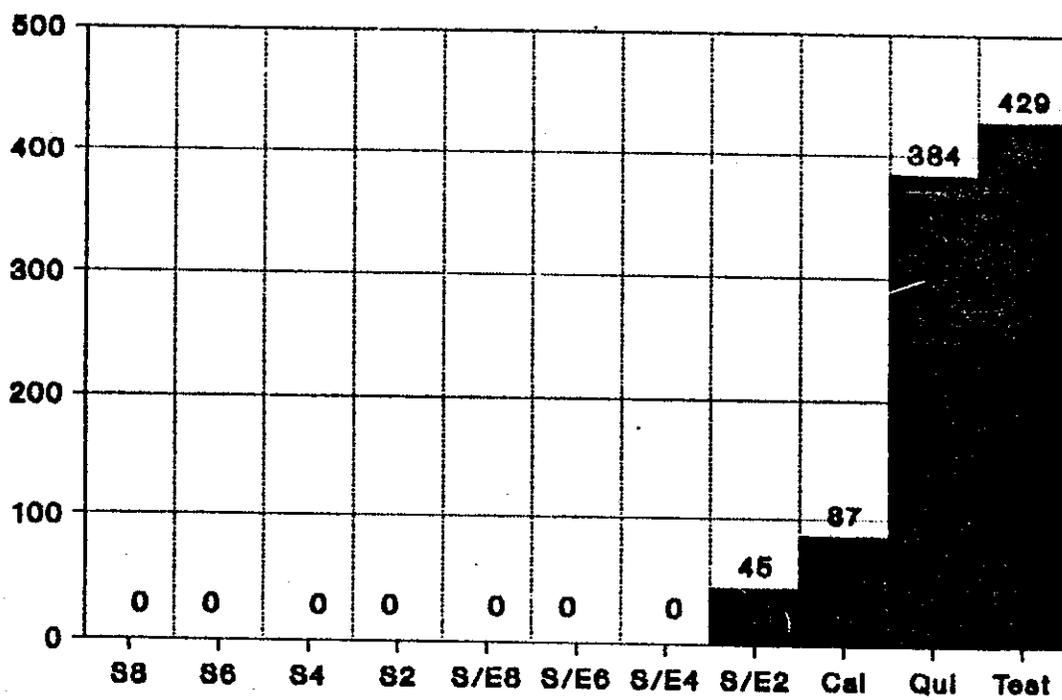


Figura 6"A". Presencia de gallina ciega Phyllophaga spp. en los tratamientos evaluados.

CUADRO 8ªA". Resumen del análisis de varianza para la variable incidencia de *Plasmidiophora brassicae* Woronin.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	10	1330.099	133.009	4.47	0.0021
Bloques	2	3.594	1.797		
Error	20	594.597	29.730		
TOTAL	32	1928.292			

CV = 82.97 %

CUADRO 9ªA". Resumen del análisis de varianza para la variable rendimiento (kg/ha).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	10	11892914731	18929147	5.10	0.001
Bloques	2	2262909	6131454		
Error	20	74286919	3714146		
TOTAL	32	275841300			

CV = 12.03 %

CUADRO 10ªA". Resumen del análisis de varianza para la variable peso de floretes (kg).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	10	0.04869455	0.00486945	5.27	0.0008
Bloques	2	0.00937218	0.00468609		
Error	20	0.01847582	0.00092379		
TOTAL	32	0.07654255			

CV = 6.89 %

CUADRO 11ªA". Resumen del análisis de varianza para la variable número de floretes cosechados/ha.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	10	348848582.2	34884858.2	3.69	0.0063
Bloques	2	25611376.4	12805688.2		
Error	20	189272653.6	9463632.7		
TOTAL	32	0.07654255			

CV = 9.09 %

CUADRO 12"A". Rendimiento en kg/ha observado en cada una de las unidades experimentales.

TRATAMIENTO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
Solarizado-Encalado 2 semanas	34286	37551	33197
Solarizado-Encalado 4 semanas	30748	36735	36463
Solarizado-Encalado 6 semanas	35102	38095	31020
Solarizado-Encalado 8 semanas	37823	37007	35646
Encalado	34558	28844	29116
Solarizado 2 semanas	33469	34830	30476
Solarizado 4 semanas	35102	34830	38639
Solarizado 6 semanas	34830	36735	36190
Solarizado 8 semanas	39184	38367	37551
Testigo Químico	21224	27210	32381
Testigo Absoluto	24490	34286	30476

CUADRO 13"A". Incidencia en porcentaje observada en cada una de las unidades experimentales.

TRATAMIENTO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
Solarizado-Encalado 2 semanas	6.94	0.00	0.75
Solarizado-Encalado 4 semanas	0.00	5.22	0.00
Solarizado-Encalado 6 semanas	0.00	0.00	0.00
Solarizado-Encalado 8 semanas	0.00	0.00	0.00
Encalado	8.13	3.78	8.70
Solarizado 2 semanas	0.77	0.75	0.00
Solarizado 4 semanas	4.11	6.34	0.74
Solarizado 6 semanas	0.78	0.73	1.56
Solarizado 8 semanas	0.00	0.00	0.00
Testigo Químico	2.29	0.00	2.26
Testigo Absoluto	3.42	17.73	28.89

CUADRO 14"A". Peso promedio de floretes en kilogramos observado en cada una de las unidades experimentales.

TRATAMIENTO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
Solarizado-Encalado 2 semanas	0.374	0.471	0.443
Solarizado-Encalado 4 semanas	0.496	0.421	0.493
Solarizado-Encalado 6 semanas	0.460	0.432	0.500
Solarizado-Encalado 8 semanas	0.468	0.463	0.471
Encalado	0.359	0.434	0.404
Solarizado 2 semanas	0.423	0.440	0.491
Solarizado 4 semanas	0.430	0.406	0.489
Solarizado 6 semanas	0.507	0.443	0.546
Solarizado 8 semanas	0.460	0.450	0.502
Testigo Químico	0.375	0.378	0.372
Testigo Absoluto	0.357	0.387	0.399

CUADRO 15"A". Número de plantas cosechadas por hectárea en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
Solarizado-Encalado 2 semanas	34286	37551	33197
Solarizado-Encalado 4 semanas	30748	36735	36463
Solarizado-Encalado 6 semanas	35102	38095	31020
Solarizado-Encalado 8 semanas	37823	37007	35646
Encalado	34558	28844	29116
Solarizado 2 semanas	33469	34830	30476
Solarizado 4 semanas	35102	34830	38639
Solarizado 6 semanas	34830	36735	36190
Solarizado 8 semanas	39184	38367	37551
Testigo Químico	21224	27210	32381
Testigo Absoluto	24490	34286	30476

CUADRO 16"A". Análisis de Dominancia para los tratamientos bajo estudio.

TRATAMIENTO	COSTOS VARIABLES	BENEFICIO NETO
Testigo	428.5	17444 ND
S2	1642.0	19565 ND
S4	1723.0	19531
S6	1805.0	19498
S8	1886.0	19464
ENCALADO	4121.3	14051
SE2	5312.8	15562
SE4	5413.4	15462
SE6	5514.0	15360
SE8	5614.7	15260
QUIMICO	26102.17	-7930

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

CUADRO 17 "A". Costos variables por hectárea del cultivo de brócoli, para cada uno de los tratamientos evaluados.

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
Colocación 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
Químico	522 kg	50.0/kg	26102.17

a: SE8, S8, E. b: SE6, S6. c: SE4, S4. d: SE2, S2. e: TESTIGO.

CUADRO 18"A". Presupuesto parcial de cada uno de los tratamientos evaluados.

TRAT.	ARREN.	M.O.	Insumo	C.V.T.	Rend.	P.V.	B.B.	B.N.
SE-8	714.3	715.4	4185.0	5614.7	17252	1.21	20875	15260
SE-6	642.8	686.2	4185.0	5514.0	17252	1.21	20875	15360
SE-4	571.4	657.0	4185.0	5413.4	17252	1.21	20875	15462
SE-2	500.0	627.8	4185.0	5312.8	17252	1.21	20875	15562
S-8	714.3	161.0	1011.0	1886.3	17252	1.21	20875	18989
S-6	642.8	151.0	1011.0	1804.8	17252	1.21	20875	19070
S-4	571.4	141.0	1011.0	1723.4	17252	1.21	20875	19151
S-2	500.0	131.0	1011.0	1642.0	17252	1.21	20875	19233
E	714.2	233.6	3173.4	4121.3	15018	1.21	18172	14051
Q	500.0	233.6	25440	26102	15018	1.21	18172	-7930
T	428.6	----	-----	428.6	15018	1.21	18172	17744

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

CUADRO 19"A". Análisis químico de suelo del área experimental, previo a la aplicación de los tratamientos.

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	7.5	25.5	9.5

CUADRO 20"A". Análisis químico de suelo del área experimental, posterior a la aplicación de los tratamientos.

MUESTRA	pH	Mg/ml		meq/ml		ppm			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
1	6.3	121	412	4.37	0.87	5.5	4.0	26.0	14.0
2	6.2	124	425	3.43	0.72	5.5	4.0	29.0	15.0
3	6.3	117	425	5.30	1.03	5.5	4.5	20.0	15.0
4	5.9	149	553	4.06	0.93	5.5	4.5	25.0	14.0
5	6.2	123	350	4.68	0.87	6.0	4.0	23.0	14.0

FUENTE: Laboratorio de suelo y agua "Salvador Castillo Orellana".
 FAUSAC.



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

LA TESIS TITULADA: EVALUACION DEL SOLARIZADO Y ENCALADO EN EPOCA SECA PARA EL CONTROL DE Plasmodiophora brassicae Worning EN BROCOLI Brassicae oleracea L. Var. italica Plenck EN EL TEJAR, CHIMALTENANGO.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JORGE OMAR SAMAYOA JUAREZ

CARNET No. 91-13689

HA SIDO ELEVALUADA POR LOS PROFESIONALES: ING. AGR. ROLANDO AGUILERA
ING. AGR. MARINO BARRIENTOS G.
ING. AGR. MARCO R. ESTRADA M.
ING. AGR. FILADELFO GUEVARA

Los asesores y 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 V.
ASESOR
Ing. Gustavo A. Alvarez V.
INGENIERO AGRONOMO
Colegiado 1556


Ing. Agr. Fernando Rodriguez
DIRECTOR DE LA DIRECCION


IMPRIMASE


Ing. Agr. José Rolando Lara A.
DECANO


CC. CONTROL ACADEMICO
Archivo

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770

