

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

EVALUACION DE METODOS DE CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS
(*Plasmodiophora brassicae*), EN EL CULTIVO DE BROCOLI
(*Brassica oleracea* var. *italica*), EN PATZICIA, CHIMALTENANGO.

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

POR
MIGUEL ANTONIO LOPEZ QUINONEZ
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 1995

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. CARLOS ROBERTO MOTTA DE PAZ
VOCAL CUARTO:	Prof. GABRIEL AMADO ROSALES
VOCAL QUINTO:	Br. AUGUSTO SAUL GUERRA GUTIERREZ
SECRETARIO:	Ing. Agr. MARCO ROMILIO ESTRADA MUY

Guatemala, mayo de 1995.

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

Señores representantes:

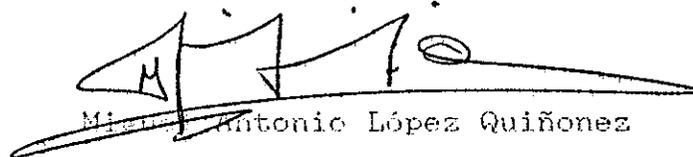
De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**"EVALUACION DE METODOS DE CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS
(*Plasmodiophora brassicae*), EN EL CULTIVO DE BROCOLI
(*Brassica oleracea* var. *italica*) EN PATZICIA, CHIMALTENANGO".**

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

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

Atentamente,



Miguel Antonio López Quiñones

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

ACTO QUE DEDICO

AL DIOS

Grande y poderoso que me ha permitido alcanzar mis metas.

A MI MADRE

Sonia Mireya Quiñonez por su apoyo moral, esfuerzos y sacrificios realizados.

A MI TIA

Carmen Dinora Quiñonez. Con especial cariño por todo el apoyo recibido.

A MIS HERMANAS

Carmen Ileana y Claudia Lorena. Con cariño.

A

Shirley Rodas, por profundo amor.

A MI FAMILIA

EN GENERAL

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

A MIS AMIGOS Y

COMPANEROS EN GENERAL

Como recuerdo de las experiencias compartidas y muestra de amistad.

TESIS QUE DEDICO

A: Guatemala.

Santa Cruz de El Quiché,
El Quiché.

La Universidad de San carlos de
Guatemala.

La Facultad de Agronomía.

Todas las personas que
contribuyeron a mi formación.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

AGRADECIMIENTO

A:

Mis asesores Ing. Agr. Gustavo Alvarez e Ing. Agr. Marino Barrientos, por su valiosa asesoría y colaboración para la realización del presente trabajo de tesis.

Ing. Agr. Anibal Sacbajá, Ing. Agr. Hugo Rolando Jordán y Gustavo Hernández, por la colaboración brindada para la realización del presente trabajo de tesis.

Tecnología Alternativa (ALTERTEC)

OLEFINAS S.A.

PROMOAGRO S.A.

CONTENIDO

i

		Pag.
	CONTENIDO	i
	INDICE DE CUADROS.....	ii
	RESUMEN.....	iii
1	INTRODUCCION.....	1
2	DEFINICION DEL PROBLEMA.....	3
3	JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	4
4	MARCO TEORICO.....	5
	4.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
	4.1.1. Cultivo del brócoli.....	5
	4.1.2. Hernia de las coles (<i>P. brassicae</i>).....	7
	4.1.3. Control.....	12
	4.1.3.1. Cultural.....	12
	4.1.3.2. Solarizado.....	14
	4.1.3.3. Encalado.....	27
	4.1.3.4. Fungicidas a evaluar.....	29
	A. PCNB.....	29
	B. Dazomet.....	30
	4.2. MARCO REFERENCIAL.....	32
5	OBJETIVO.....	35
6	HIPOTESIS.....	35
7	METODOLOGIA.....	36
	7.1. Metodología experimental.....	36
	7.2. Material Genético.....	36
	7.3. Descripción de los tratamientos.....	36
	7.4. Variables a evaluar.....	39
	7.4.1. Incidencia de la enfermedad	39
	7.4.2. Rendimiento en kg/Ha.	39
	7.4.3. Diámetro de inflorescencias en brócoli....	39
	7.5. Análisis de datos.....	39
	7.5.1. Estadístico.....	39
	7.5.2. Económico.....	40
8	RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
	8.1. Incidencia de la enfermedad.....	41
	8.2. Rendimiento.....	43
	8.3. Diámetro de inflorescencias en brócoli.....	45
	8.4. Correlación entre incidencia y rendimiento.....	45
	8.5. Económico.....	46
9	CONCLUSIONES.....	47
10	RECOMENDACIONES.....	48
11	BIBLIOGRAFIA.....	49
12	APENDICE.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Número de plantas enfermas con la hernia de las crucíferas (<u>Plasmodiophora brassicae</u>) en brócoli.	41
Cuadro 2:	Contrastes ortogonales para la incidencia de la enfermedad de la hernia de las crucíferas (<u>Plasmodiophora brassicae</u>) en brócoli	42
Cuadro 3:	Rendimiento expresado en kilogramos por hectárea, de cada uno de los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas (<u>Plasmodiophora brassicae</u>) en el cultivo de brócoli.	43
Cuadro 4:	Contrastes ortogonales para rendimiento, expresados en kilogramos por hectárea.	44
Cuadro 5:	Promedio de plantas seleccionadas al azar para medir el diámetro de las inflorescencias del cultivo de brócoli, para cada tratamiento.	
Cuadro 6:	Tasa Marginal de Retorno para los tratamientos seleccionados del análisis de dominancia.	46
Cuadro 7"A":	Análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de la hernia de las crucíferas (<u>Plasmodiophora brassicae</u>) en brócoli.	55
Cuadro 8"A":	Análisis de varianza para la variable rendimiento, expresado en kilogramos por hectárea.	55
Cuadro 9"A":	Análisis de varianza para la variable diámetro, expresado en centímetros.	55
Cuadro 10"A":	Análisis físico y químico de los suelos de la parcela donde se realizó la investigación.	56
Cuadro 11"A":	Costos variables por hectárea del cultivo de brócoli en la época de evaluación, relacionados con los tratamientos evaluados, para el control de la hernia de las crucíferas (<u>Plasmodiophora brassicae</u>).	57
Cuadro 12"A":	Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados, para el control de la hernia de las crucíferas (<u>Plasmodiophora brassicae</u>) en el cultivo de brócoli.	58
Cuadro 13"A":	Análisis de dominancia para los tratamientos bajo estudio.	58

"EVALUACION DE METODOS DE CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS
(*Plasmodiophora brassicae*), EN EL CULTIVO DE BROCOLI
(*Brassica oleracea* var. *italica*), EN PATZICIA, CHIMALTENANGO."

"EVALUATION OF CONTROL METHODS TO CLUBROOT OF CRUCIFER CROPS
(*Plasmodiophora brassicae*), IN THE BROCCOLI CROP
(*Brassica oleracea* var. *italica*) IN PATZICIA, CHIMALTENAGO."

RESUMEN

La hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) es una enfermedad que ataca al cultivo de brócoli y por la facilidad de movilidad que posee el inóculo de este hongo, cada día se disemina más, por lo que el cultivo de crucíferas tiene que desplazarse a terrenos aún no infectados, todo ello provoca problemas a los agricultores y a los centros de acopio. (45).

El propósito de esta investigación fue determinar si el solarizado y aplicación de cal dolomítica son eficaces en el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) y su comparación con productos químicos como PCNB y Dazomet.

Se realizó en el kilómetro 70.5, carretera a Patzicia, Chimaltenango, la evaluación incluyó 7 tratamientos: solarizado, encalado, PCNB, Dazomet, combinación solarizado-PCNB, solarizado-encalado y Testigo (sin método de control). Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones. Las variables medidas fueron: incidencia de la enfermedad, rendimiento en kilogramos por hectárea y diámetro de la inflorescencia de brócoli.

Los tratamientos que incluyen solarizado y encalado no presentaron incidencia de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), no así el tratamiento de Dazomet, PCNB y Testigo Absoluto que tienen incidencia de 90%, 95.42% y 98.75% respectivamente.

En el caso del diámetro de las inflorescencias de brócoli, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

El rendimiento obtenido en los tratamientos son superiores al obtenido en el testigo; los tratamientos físicos, presentaron rendimientos mayores que los químicos; el Dazomet obtuvo mayor rendimiento que el PCNB. Los tratamientos físicos combinados presentaron mayor rendimiento que los físicos individuales, siendo el solarizado-encalado el tratamiento en el que se obtuvo mayor rendimiento, además presentó un TMR mayor que los otros tratamientos (101.93%), por lo que se recomienda este último tratamiento para el control de *E. brassicae*, siempre y cuando se realice un análisis completo de suelo, para no generar desbalance de nutrientes, con la aplicación de cal dolomítica.

1. INTRODUCCION

El cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) es de importancia en la región del altiplano central, ya que constituye una fuente de trabajo para los pobladores de la región y en comparación con otros cultivos, genera mejores ingresos a los agricultores. (39).

En Guatemala se han realizado estudios para el manejo integrado de plagas en brócoli, sin embargo se le ha puesto poca importancia a enfermedades de tipo fungoso, tanto en el semillero, como en el campo definitivo, entre las que se pueden mencionar como más relevantes, el complejo de fusariosis (*Fusarium spp.*), la hernia de las coles (*Plasmodiophora brassicae*), el mildiu velludo (*Pezizospora parasitica*), el tizón negro (*Mycosphaella brassicicola*) y la mancha oval (*Alternaria brassicae*). Siendo la de mayor importancia la enfermedad ocasionada por *P. brassicae*, a la cual no se le ha puesto la atención que se merece; ya que es causa de pérdidas para los agricultores. El síntoma más característico de la enfermedad es un abultamiento de las raíces, que usualmente se le confunde con los síntomas de un ataque de nematodos. Además se presenta marchites del follaje y enanismo de la planta, lo cual afecta la cantidad y calidad del producto final (1,53).

Dado que existen restricciones de uso de productos químicos para contrarrestar la incidencia y diseminación de la enfermedad se hizo necesario también evaluar prácticas de control físico.

Los métodos físicos que se utilizaron fueron el encalado, el solarizado y la combinación de ambos. El método químico evaluó el Pentacloronitrobenceno y Dazomet. Además se estudio una combinación físico y químico (solarizado-PCNB).

La presente investigación se realizó en el kilómetro 70.5 de la carretera Panamericana, en el municipio de Patzicia, departamento de Chimaltenango, durante los meses de mayo a octubre de 1994.

De este estudio se concluyó que el método solarizado-encalado, obtuvo el mejor rendimiento y la menor incidencia de la hernia de las crucíferas (*E. brassicae*); además no se presentó diferencias significativas de diámetro de las inflorescencias del brócoli, entre los diferentes tratamientos evaluados.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Existen una serie de enfermedades que atacan al cultivo de brócoli, la hernia o nudo de las crucíferas, causada por el hongo Plasmodiophora brassicae, es una de las más importantes y no se le ha dado la relevancia que tiene, ya que cada día se disemina más en las distintas zonas productoras de hortalizas principalmente, a través de la semilla y herramientas de laboreo. Llegándose al extremo en algunos casos, de no poder sembrar crucíferas en terrenos infectados por este hongo y en otros demerita la calidad del producto cuando la infección se hace crítica, causando hipertrofia e hiperplasia a las células huéspedes, que inducen a la formación de agallas, las cuáles ejercen presión sobre los vasos del xilema, disminuyendo la eficacia de transporte de agua, luego la planta adquiere un color verde pálido y las hojas presentan flácidez y marchitamiento, principalmente en horas de mayor temperatura, produciéndose enanismo y rendimiento bajo y por ende una inflorescencia pequeña, teniendo problemas en la aceptación en los centros de acopio. (1,14,42).

En los últimos años se ha reportado dicha enfermedad en las regiones productoras de brócoli de Chimaltenango, por lo que se hizo necesario la evaluación de métodos de control, no solo químicos, que tienen un elevado costo económico y ambiental, sino que también otros métodos como el solarizado y el encalado, los cuáles son eficientes, económicos y no contaminan el ambiente.

3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El control químico de las enfermedades fungosas es bastante utilizado en la actualidad, aunque su uso ha ido disminuyendo, porque los patógenos adquieren resistencia; son de alto costo y dañan el ambiente, además existen restricciones para su uso. Es por ello que el uso de métodos de control de hongos en donde no se alteran dichas variables, tiende a incrementarse.

El cultivo del brócoli se está restringiendo para algunos agricultores en donde los terrenos se encuentran infectados por *P. brassicae*, provocando bajo rendimiento y calidad, por lo que las empresas exportadoras obtienen el producto de terrenos aún no infectados por este hongo, pero por la facilidad de movilidad del inóculo, a través del personal de campo, herramientas, riego y semillas, estos terrenos aún no infectados, en un futuro no muy lejano también tendrán el mismo problema. (42).

Todo ello provoca problemas a los agricultores y empresas exportadoras, por lo que se evaluaron alternativas de control, como lo son el solarizado y el encalado.

En el solarizado han obtenido buenos resultados en algunas especies de hongos de los géneros *Plasmodiophora*, *Verticillium*, *Pythium*, *Sclerotium* y *Fusarium*, en cultivos tales como crucíferas, nuez, papa, berenjena, tomate, tabaco, deciduos, algodón, cebolla, arveja china, arroz y sandía. (3,5,24,25,26,27,34,41,50,51).

También se ha comprobado que aumentando el pH del suelo el hongo *P. brassicae* es bastante controlado, inhibiendo su desarrollo, siendo este un pH de 7.2. (1).

4. MARCO TEORICO

4.1. MARCO CONCEPTUAL:

4.1.1. CULTIVO DEL BROCOLI:

Según Cásseres (6), el brócoli tiene su ancestro en una planta silvestre que quizás llegó del Mediterráneo o del Asia Menor a las peñas calcáreas de Inglaterra, a las costas de Dinamarca, a Francia y a España. Su origen es muy antiguo, existiendo referencias históricas sobre el cultivo antes de la Era Cristiana. Según López (32), el brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) es originaria de Europa.

Botánicamente se le denomina *Brassica oleracea* variedad itálica, pertenece a la sub-clase IV, Dilleniidae; orden 8, capparales y a la familia Cruciferae o Brassicaceae: Familia de la mostaza. (22).

Los tallos florales son carnosos y gruesos, emergen de las axilas foliares formando inflorescencias, generalmente una central de mayor tamaño y luego otras laterales. El primordio floral consiste en yemas normales unidas en racimos no cubiertos con hojas. El fruto es una silicua. La maduración de la semilla ocurre irregularmente, debido a que la floración de la planta no sucede al mismo tiempo. (46).

A. Importancia del Brócoli:

En 1983 la producción nacional de brócoli fue de 80,630 toneladas métricas y la exportación a los Estados Unidos, fue de 57,627 toneladas métricas. (11).

El cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) ha resaltado su importancia en Guatemala durante la última década. En 1991 se sembraron alrededor de 4,900 Ha. en cuya producción, se destino el 19% para Europa y 81% para los Estados Unidos. Se estima que el rendimiento promedio fue de 7800 kg/Ha. La exportación de ese mismo año fue de 15 millones de kilogramos, con un valor de Q31,822,053.00. (39).

Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Sololá, constituyen zonas tradicionales de producción de brócoli, ampliándose en 1992 a otros lugares como: Totonicapán, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Jalapa, Chiquimula, Zacapa, Alta y Baja Verapaz. El cultivo lo realizan pequeños y medianos agricultores. También se les da empleo a trabajadores en las plantas de procesamiento, en donde llevan a cabo las actividades de clasificación, empaque y embarque, siendo por ello, el brócoli, un cultivo que actualmente tiene gran importancia socio-económica en Guatemala. (39).

B. Proceso de cultivo del brócoli:

Entre los materiales que se han evaluado en Guatemala están: Marathon, Shogun, Green Duke, Green Valiant, Sultan, Arcadia, Galaxy, Green Belt, Pirata y Sakata Valiant, Shargher. (53).

La cantidad de semilla por hectárea es de 323 a 405 gramos. (53).

Se cultiva todo el año, en época seca con riego. Y la siembra se desarrolla en dos fases: semillero y campo definitivo. (53).

En el semillero se preparan tablonces de 1.20 metros de ancho, 20-30 centímetros de alto por el largo que se necesite, realizando surcos a lo largo del tablón, distanciados a 10 centímetros uno del otro, a 1 centímetro de profundidad y 1 centímetro de distancia entre semillas. Esta fase dura 4 semanas. (53).

En el transplante la siembra entre plantas varia de 30-50 centímetros y los surcos de 45-60 centímetros teniendo una población de 40000 a 51000 plantas por hectárea. (53).

4.1.2. Hernia de las Coles: (*Plasmodiophora brassicae*).

A. Clasificación:

El hongo *Plasmodiophora brassicae* responsable de la enfermedad llamada hernia o nudo de la raíz de las crucíferas, es un hongo endoparásito, cuya ubicación en la clasificación taxonómica se halla en el orden Plasmodiophorales, que tienen plasmodios que se forman en el interior de las células de las raíces y tallos de las plantas y producen zoosporas, este orden pertenece a la clase Myxomycetes (Mohos mucilaginosos), los cuáles carecen de micelio y su soma es un plasmodio amorfo y desnudo, siendo esta clase de los hongos inferiores. (1).

B. Importancia de la Hernia de las Crucíferas:

La hernia de las crucíferas se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo dondequiera que se desarrollen las plantas de la familia de la mostaza. Se ha observado con mayor frecuencia en Europa y Norteamérica. (1).

Esta enfermedad fue estudiada inicialmente por Woronin en 1877 quien describió el ciclo biológico del organismo causal y la relación con los tejidos de la planta huésped, confundiéndola por su sintomatología con los hongos mucilaginosos saprofiticos. Describió un flagelo unico, que tenía una longitud equivalente a varias veces la de la espora, en 1934 Ledingham demostró la existencia de un segundo flagelo más corto. (54,55).

Se cree que tuvo su aparición en Guatemala en 1942 cuando fue reportada por Jhonston. Se tiene conocimiento que en 1968 se reportó en Almolonga y en 1974 en Ciénega Grande, los dos pertenecientes al departamento de Quetzaltenango. (36).

En 1982 la hernia de las crucíferas se encontraba en dos zonas de la república de Guatemala que comprenden los departamentos y municipios siguientes:(42).

Departamento de Quetzaltenango: Almolonga, Quetzaltenango, Zunil y Cantel.

Departamento de Guatemala: Palencia y San José Pinula.

En el municipio de Casillas, departamento de Santa Rosa, se reporta desde 1985. Y ha mermado la producción de crucíferas más o menos en un 50%. (2).

El problema provocado actualmente por el hongo Plasmodiophora brassicae en las zonas hortícolas del país es grave. Según Monterroso (36), el patógeno en su multiplicación sigue un patrón progresivo no logarítmico (Van Der Planck, 1963), con lo que dedujo que según la proyección manifestada, para el año 1978, en el Valle de Almolonga, en Quetzaltenango, no se podría ya producir repollo sin pérdidas económicas.

Existen índices que además de Almolonga, el patógeno se ha diseminado a lugares cercanos como Zunil y la Ciénega en Quetzaltenango y a distantes como Palencia en Guatemala. Esto evidencia que el hongo ha sido trasladado del lugar donde primero se reportó a zonas muy alejadas como las mencionadas, el hongo ataca al repollo (Brassica oleracea var. capitata), la coliflor (Brassica oleracea var. botrytis), el brócoli (Brassica oleracea var. italica Plenck), y la mostaza (Brassica

campestris L.). También se le puede encontrar atacando malezas como el rábano espontáneo (*Raphanus sp.*) y la bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*); generalmente estos cultivos son el hospedero alternante del patógeno, infectando en los subsiguientes ciclos de cultivo. (15,16,21,23).

En la zona occidental, además se tienen cultivos similares a las crucíferas en cuanto a labores agrícolas se refiere, tal es el caso de la cebolla, puerro, remolacha y zanahoria; estos cultivos como diseminadores de la enfermedad no tienen mucha importancia, puesto que no son hospederos del hongo y su semilla generalmente es importada, pero las herramientas de trabajo, la movilización de mano de obra, el riego y la diversificación existentes en los municipios en donde se cultivan las coles, han provocado sin duda alguna la distribución de la enfermedad en los municipios en donde se cultivan crucíferas. (42). Actualmente la zona hortícola de Patzicia, Chimaltenango se encuentra infectada.

C. Sintomatología:

Los primeros síntomas de la enfermedad se presentan en las hojas, las que adquieren un color verde pálido o amarillo, y pueden presentar cierta flácidez y marchites en las horas de mayor luminosidad y temperatura del día. 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 a la planta. (1,36).

Cuando la infección se produce en etapas tempranas, las plantitas pueden morir en corto tiempo. Si se presenta en etapas más avanzadas, la planta puede permanecer viva sin presentar síntomas visibles, pero el

producto que se obtenga debido a su reducido tamaño, no será aceptable en el mercado. (36). Las plantas que presentan estos síntomas se encontrarán afectadas en la raíz a partir del suelo, la cual presentara tumores de aspecto globoso, con diámetros de 2-5 centímetros, en su raíz principal, siendo al principio lisos y de color de la raíz y más tarde oscuros y rugosos. (36,55,56).

Las plantas que llegan a ser afectadas presentan mayor predisposición a otras enfermedades, como por ejemplo: "Tizón de la hoja" causado por Alternaria brassicae. (36). La infección se hace crítica cuando las células huéspedes sufren hipertrofia o sea que crecen más de lo normal, asimismo, hiperplasia o sea que se dividen anormalmente aumentando el número de células, ocasionando de esta manera un desfase con el normal desarrollo de los tejidos superficiales, que se inducen por la formación de agallas, en donde un gran número de células que se alargan, se encuentran cerca del xilema o en torno a él, ejerciendo cierta presión sobre los vasos xilémicos, los cuáles se comprimen y dislocan, por lo que se tornan menos eficientes para el transporte del agua en la planta. Y en consecuencia se produce una descomposición prematura debido a la invasión secundaria de bacterias y otros microorganismos que permiten la liberación de las esporas de reposo y a la vez formación de sustancias tóxicas para la planta especialmente repollo y coliflor. (1,55,56).

D. El Patógeno: (Plasmodiophora brassicae).

Es un moho mucilaginoso cuyo soma es un plasmodio. El plasmodio produce zoosporangios o esporas latentes, las cuales miden cerca de 4 micras de diámetro. Cuando ambas estructuras reproductoras germinan,

producen zoosporas, las que poseen dos flagelos, uno largo y otro corto. También presentan dos tipos de movimiento en su desplazamiento, uno por medio de sacudidas irregulares a las que sigue el reposo y el otro es un movimiento ameboide (esta es la fase de resistencia del patógeno), con la cuál puede vivir latente mientras no exista el hospedero verdadero. Las zoosporas producidas a partir de las esporas latentes penetran en los pelos radiculares del hospedero y ahí forman un plasmodio. Las células al ser atacadas aumentan de tamaño, aumentando así el grosor de la corteza (hipertrofia) y a la vez se multiplican rápidamente (hiperplasia). Al cabo de unos días, el plasmodio se fragmenta en porciones multinucleadas y rodeadas por membranas individuales; cada una de las porciones forma un zoosporangio. Los zoosporangios salen del hospedero a través de poros que hay en su pared celular y cada uno de ellos libera de cuatro a ocho zoosporas secundarias. Algunas de estas zoosporas se fusionan en paredes para formar cigotos que producen nuevas infecciones y un nuevo plasmodio. Por último, el plasmodio produce de nuevo esporas latentes que son liberadas al suelo después de haberse producido la desintegración de las paredes celulares del hospedero por la acción de microorganismos secundarios. (1,36).

La infección además de producir el efecto ya mencionado, interfiere en la absorción y traslocación de agua y minerales a través del sistema radicular y esto es precisamente lo que da como resultado enanismo y marchites en la planta. (36).

Al patógeno cuando el ambiente es seco con suficiente luz y calor, las condiciones le son desfavorables provocándole desecación. Si por el contrario es húmedo y con poca luz su desarrollo es normal. (14). Se consideran como factores propicios para su desarrollo los siguientes:

1. Abundancia en el ambiente de los parásitos o de sus órganos de reproducción. A mayor cantidad de población de parásitos en el suelo, mayor será la probabilidad de desarrollo. (13).

2. Condiciones favorables del medio en cuanto a humedad del suelo mayor del 50% de la capacidad de campo (condición de saturación elevada), temperatura baja comprendida entre 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 hasta un 100 % de las plantas cultivadas, siempre y cuando el inoculum exista en nivel considerable en el suelo. (13,14).

4.1.3. Métodos de Control:

4.1.3.1. Control Cultural:

- A. Rotar cultivos en el área, cuando el patógeno ha invadido los suelos del cultivo, con otros que no se vean afectados, evitando de esa manera que se den condiciones favorables para su desarrollo. La rotación debe ser por un período mínimo de 6 años. (36,46).
- B. La aplicación de riego debe ser disminuida, para evitar darle la humedad necesaria para su desarrollo y si esta se realiza por gravedad y paleteo (caso de Almolonga), deberá prestárcele mayor atención al lavado de las bases del suelo, especialmente calcio y magnesio, ya que se estaría contribuyendo a acidificar el suelo y crearle condiciones propicias para su desarrollo. (16,36,40).
- C. Evitar el uso de fertilizantes ácidos como sulfato de amonio y superfosfatos que acidifican el suelo y contribuyen a su mayor diseminación. (16,36,37).

- D. Quemar las plantas enfermas antes de que comience a desprenderse el engrosamiento radicular, para evitar la multiplicación y diseminación del patógeno. Las plantas enfermas no deben ser nunca abandonadas en el suelo, ni incorporadas en la preparación o aplicación de abono orgánico, ya que esto incrementaría el inóculo de la próxima cosecha. (36).
- E. Debe evitarse el uso de utensilios de labranza que provengan de áreas afectadas, procurando de ser así su desinfección, la cuál debe hacerse con formalina. (16,36).
- F. Combinar abonos orgánicos con cal durante un período de 5 a 6 años, teniendo cuidado en las dosificaciones, tratando de que sean las adecuadas para no provocar problemas de alcalinidad del suelo y resentimientos en la planta que le puedan provocar problemas de toxicidad. (19,36).
- G. Eliminar hospederos silvestres, en dónde se encuentra el patógeno en forma latente especialmente plantas del género: *Raphanus* sp., *Sinapsis arvensis*, *Sisymbrium* sp., *Cappella bursa-pastoris*. (14).
- H. Las plantas de semillero, deben provenir de terrenos desinfectados y libres del patógeno para tener seguridad de siembra de plantas sanas, así mismo se pueden remojar estas plantas en una solución de cal apagada y azufre. (52,55).
- I. McLaughling y Melhus (1943) reportaron que *P. brassicae* fue controlada con inyecciones de Cloropícrina, en dosis de 3 ml., por inyección a 30 centímetros, tratando el suelo en otoño para sembrar en primavera. (13).

- J. El uso de variedades resistentes es poco efectivo, pues el hongo posee la característica de crear razas patogénicas, con lo cual es sumamente difícil y demasiado costosa la investigación para utilizar este tipo de control. (48).
- K. Aplicar sulfuro de carbono antes de siembra o soluciones de petróleo muy diluidas. (14).

4.1.3.2. Solarizado:

Existen varios métodos para el control de patógenos del suelo, entre los cuales podemos mencionar: Los cultivares resistentes, los injertos, el saneamiento, la rotación de cultivos, la aplicación de fungicidas, los métodos de control biológicos y la desinfección de la tierra. Pero ninguno es perfecto ni aplicable en todos los casos, por lo que cualquier otro método que pueda ayudar al control de patógenos, es de suma importancia. En este contexto, la solarización de la tierra desempeña un papel muy significativo. (29).

Para el control de enfermedades de las raíces, la desinfección constituye un factor de mucha importancia. Es un método sofisticado y caro, cuyo principio básico consiste en erradicar los agentes dañinos en la tierra antes de plantar, por medios químicos o físicos drásticos. (29).

Hace más de cien años fueron desarrollados dos métodos para desinfectar la tierra, siendo estos vaporizar y fumigar. La solarización de la tierra (también denominado calentamiento de la tierra), constituye un tercer método, siendo este relativamente nuevo pues se estableció en 1976 por Katan. (29).

Raghaven en 1964, cita que la tierra y la materia vegetal se ha expuesto a los rayos del sol, para el control de plagas. Sin embargo en su forma actual, que consiste en cubrir la tierra humedecida con polietileno transparente durante el periodo óptimo, la solarización de la tierra permite un mejor y más efectivo control del calentamiento y activación de procesos biológicos benéficos. (29).

A. Requerimientos del solarizado:

1. Se debe completar la cobertura del suelo con polietileno antes de la siembra, como cualquier otro método de desinfestación del suelo. (25). Realizando coberturas de 2,4,5,6,7 y 8 semanas, según el tiempo de exposición, la época, la plaga del suelo que se desea controlar y el cultivo. Ejemplificando en Tucson, Arizona y Weslaco, Texas, EE.UU., en abril, junio-octubre. La Alberca, Murcia, España, Rehovoto, Jerusalem, Israel en julio-septiembre. Alajuela, Costa Rica durante octubre y noviembre. (3,7,10,17,24,26,27,31,34,35,37,38,44,45).
2. El suelo debe ser llevado a capacidad de campo, para mantenerlo húmedo durante la cobertura, incrementando así la capacidad termal del resto de estructuras del suelo y mejorar la conducción del calor, trasladando de esta manera el efecto del solarizado a mayores profundidades por la conducción del calor del agua. (3,7,10,25,26,27,38). Esto debe realizarse de 1 a 4 días antes de efectuar la cobertura del suelo (9,10,26,35), ya que el suelo es pobre conductor del calor y tiene una alta capacidad termal que

varía 0.27-0.80 cal/g/°C., además en presencia de agua se requiere de menos energía para desdoblar las cadenas de péptidos de las proteínas en hidratación, lo cual afecta rápidamente en los patógenos. (26).

3. Para lograr un mejor control a capas más profundas del suelo donde se desarrolla el patógeno se debe exponer el mismo a la solarización por un tiempo mayor. (25,38).
4. Por ser relativamente barato, el polietileno transparente debe ser utilizado cuando sea posible, además transmite la mayor cantidad de radiación solar que calienta el suelo. (5,25,26,34).
5. Para evitar que existan agregados grandes de suelo y con ello se disminuya la capacidad conductora del calor del suelo, se debe preparar bien el suelo. Evitando de esta manera la formación de bolsas de aire, colocando el plástico cerca del suelo, ya que estas reducen la conducción del calor. (38).
6. Realizar el solarizado en época de mayor temperatura y mayor radiación solar (25). Estudios recientes han obtenido buenos resultados en períodos de nubosidad y en suelos total o parcialmente sombreados (5,26,38).

B. Polietileno claro y sus características:

El polietileno, fue introducido a escala comercial para la agricultura en 1939. Siendo desde entonces de gran uso, esto debido a sus características como: su bajo costo, su fácil proceso, excelente resistencia química, su reflexión y flexibilidad, libre de olor y toxicidad, baja permeabilidad al vapor de agua y la existencia de capas delgadas y transparente. Su densidad es cerca de 0.92 g/cm³. Este es

grandemente transparente a la luz en el espectro de 0.4-36 μm , excepto por dos bandas de absorbanza cerca de 7 y 14 μm en el espectro infrarrojo (26).

Por convección el polietileno reduce el calor y la evaporación del agua a la atmósfera, es muy poco permeable a los gases que se producen por calentamiento del suelo y que juegan un papel importante en el control de patógenos (26,44).

Los calibres de las láminas de polietileno, usados con buen resultado son: 25 μm (1 mil) (26,35,50,51), 30 μm (1.1811 mil) (9,26,35), 51 μm (2.0079 mil) (9,10,30,35), 100 μm (3.9370 mil) y 150 μm (5.9055 mil) (3,35), y de 200 μm (7.8740 mil) (38).

C. Producción de calor:

La temperatura del suelo esta en función del tiempo de exposición, frecuencia de radiación, temperatura de la superficie del suelo y la intensidad de la radiación, variando esto en el ciclo diurno y anual (9,26).

La eliminación de la evaporación, la convección de calor durante el día y el efecto de invernadero proporcionado por la capa de polietileno, produce el calor (10,24,26).

Por condensación en el interior de la capa de polietileno, la transmitancia de radiación de onda larga es grandemente reducida (26).

Una onda de temperatura viaja en el suelo de 2 a 3 cm/hora y con una difusión termal de 0.1-0.01 cm^2/seg . En promedio en un área de 1 cm^2 de la atmósfera de la tierra paralela a la superficie del suelo recibe 2

cal/cm²/minuto (constante solar) de energía en forma de radiación solar pero únicamente cerca de la mitad alcanza la tierra (26).

En el suelo es almacenado el calor que penetra al mismo, y en la noche cuando el gradiente termal, sujeto al régimen de temperatura a una profundidad, es invertido, este se pierde otra vez resultando en ciclo reversible en la dirección del flujo de calor (26).

La fuente primaria de energía para el calentamiento de los suelos, esta compuesta de radiación solar de onda corta (0.2-4Um) y onda larga (4-80Um). El calentamiento de los suelos incluye en adición a la intensidad de radiación solar, factores como temperatura y humedad del aire, velocidad del viento y las características del suelo como color, humedad y textura (26).

D. Temperaturas y Profundidades de desinfestación:

Las poblaciones de microorganismos en el suelo son reducidas grandemente a temperaturas de 35 a 50°C., exponiendo el suelo desde algunos minutos hasta varias horas bajo altas temperaturas y desde días hasta semanas para las temperaturas más bajas. Generalmente el rango de profundidad donde se incrementa la temperatura para muchos cultivos, con raíces superficiales es de 30 cm. (26).

Con el solarizado se han logrado las siguientes temperaturas, a distintas profundidades: a 5 cm. de profundidad, 42, 50, 52, 55, 60°C.; a 10 cm. de profundidad 38, 40.6, 42.8, 45, 46, 51.7, 53.3°C.; a 20 cm. 36, 37.5, 40, 42, 45°C.; a 30 cm. 35.1, 36, 37, 38.3, 39.2°C. y a 40 cm. 34.8, 38°C. (7,10,24,25,28,29,31,34,44,49,51).

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

La primera publicación de solarizado, en 1976 realizada por Katan, se dio para el control de Verticiliosis en berenjena y tomate (29).

E. brassicae se ha controlado en crucíferas, combinándolo con dazomet (100-250 kg/ha) o con bromuro de metilo al 98% y cloropicrina al 2% (41). *Verticillium dahliae*, se ha controlado en los cultivos de la nuez, papa, berenjena, tomate, tabaco, decídúos, algodón y repollo; con porcentajes de reducción de incidencia de 25 a 100% (3,24,25,26,27,34,50). *Pythium spp.*, se ha controlado en la nuez, decídúos, algodón, repollo; con reducción de 58-98% de incidencia (3,27,34,50,51). *Sclerotium rolsfii*, en cultivos de papa, cebolla, algodón, arveja china, repollo y arroz; con incidencia reducida de 80-100% (5,25,26,27,30,34,38). *Fusarium oxysporum* y *Fusarium spp.*, en tomate, cebolla, algodón, arveja china, sandía y repollo; con 94-100% de reducción de incidencia (5,24,25,26,27,34,37,38,44,45). Nematodos como *Pratylenchus thornei* en cultivos de berenjena, papa, algodón, zanahoria y frijol; con reducción de poblaciones de 80 a 100% (25,26,27,35), y en cultivos de almendra, durazno, uva, nogal, alfalfa, remolacha azucarera, ciruela y tomate fueron reducidos de 42-100%, los nematodos *Maloidosyna*, *Heterodera*, *Paratrichodorus*, *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema* y *Paratylenchus* (49).

En 1984 Mihail y Alcorn realizaron un estudio y como es de esperarse de cualquier método de control de patógenos, existen sus excepciones, en este caso no se controló a *Macrophomina phaseolina* con el solarizado. (29,35).

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

F. Control de Patógenos:

F.1. Mecanismos físicos y biológicos durante y después de la solarización:

La reducción en la incidencia de enfermedades en plantas que crecen en terrenos que han sido sometidos a la solarización o cualquier tratamiento de tierra, resulta de los efectos ejercidos sobre cada uno de los tres componentes vivientes de la enfermedad (hospedero, patógeno y microorganismos circundantes), así como el medio físico y químico, que a su vez, afecta la actividad y las interrelaciones de los organismos. (29).

El efecto de solarizado se da en el incremento de las temperaturas de la tierra, cambios en las poblaciones microbiales, cambios en la composición química y estructura física de la tierra, altos niveles de humedad conservados y cambios de la composición gaseosa de la tierra. (29).

F.2. Inactivación Térmica:

La muerte térmica o la inactivación térmica de una población orgánica depende tanto de la temperatura como del tiempo de exposición, que están inversamente relacionados. En muchos casos las curvas de mortalidad por calor son de naturaleza exponencial. (29).

El control patogénico no debe atribuirse únicamente al calentamiento de la tierra, ya que la reducción de densidad del inóculo también se observó en temperaturas relativamente más bajas. (29).

G. Ventajas y Limitaciones del solarizado:

G.1. Ventajas:

- a. Por influir en la fertilidad de los suelos favorece el crecimiento de las plantas, ya que se da un incremento de macro y microelementos. (9).
- b. Destruye parásitos aún no conocidos de plantas. (9,26).
- c. Favorece el crecimiento de organismos benéficos, es decir que es menos detrimental del equilibrio biológico del suelo. (9,24,26).
- d. Mejora los agregados del suelo. (9).
- e. Es un método de desinfestación económico y ambientalmente seguro. (10,24,25,26).
- f. Controla gran cantidad de patógenos del suelo y malezas. (24,26,31).
- g. En áreas relativamente pequeñas no requiere de maquinaria sofisticada para su aplicación. (24,26).
- h. Su bajo costo permite que se extienda a diversos cultivos. (7,24,26,31).
- i. Reduce riesgos de fitotoxicidad por las altas temperaturas, liberando del suelo compuestos tóxicos para las plantas y no existe acumulación de residuos químicos. (9,24,25,26).
- j. Este método incluye el mecanismo físico y biológico, ya que controla una gran variedad de patógenos y malezas, caracterizándose como un control integrado. (25,26).
- k. Tiene un efecto termal desinfestante por largo tiempo. (26).
- l. Se puede alternar con otros métodos de desinfestación de manera satisfactoria.

G.2. Limitaciones:

- a. Se necesita de maquinaria para su aplicación en áreas extensas. (25).
- b. En condiciones dónde los agricultores pueden sembrar durante todo el año, su uso se limita, ya que el suelo debe encontrarse libre de cultivo por lo menos durante un mes. (25,26).
- c. Se asume que efectos negativos son posibles con cualquier método de desinfestación del suelo, por lo que teóricamente, se dice que la tolerancia al calor por los patógenos al aplicarlo repetidas veces; puede incrementarse.

H. Efectos del solarizado:

H.1. En la producción:

Con este método se ha logrado incrementos en la producción, en el peso seco o fresco, y altura de planta. Como por ejemplo en tomate se ha dado un incremento en peso seco de 56%, en pimienta de 38% y en frijol de 41%. En fresa un incremento en la producción de 44% (9). En papa de 35%, algodón de 40-70%, nuez de 42-146%, cebolla de 60-125%, tomate de 100-245% y en berenjena de 215% (26).

En experimentos en donde se ha usado el solarizado se han obtenido incrementos de 3.5 a 4.7 veces más de peso fresco que en otros donde no se ha utilizado. En remolacha azucarera, 0.6 a 5 veces; en rábano y fresa 61% más. (50).

H.2. Mayor respuesta de crecimiento:

El fenómeno de mayor respuesta de crecimiento denota mejoría en el crecimiento de la planta cuando se lleva a cabo una desinfestación en tierras exentas de patógenos. Esto se detectó en tierras solarizadas. (9,51).

Los mecanismos que explican este fenómeno pueden ser químicos o biológicos. Ya que se han detectado concentraciones de sustancias minerales y orgánicas en soluciones de tierras solarizadas. (29).

H.3. En el suelo y sus características:

Sustancias fungistáticas se acumulan mejor en el suelo, bajo condiciones de solarizado, actuando sobre los patógenos (3). Los macro y micro elementos se han incrementado en la solución del suelo al haber aplicado solarizado, destruye materiales fitotóxicos acumulados en el suelo y mejora los agregados del suelo. (3,9,34).

Se han reportado incrementos mayores en la concentración de nitratos y menores de amonio, así también se incrementaron elementos de Cl^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; aumentos de los extractos saturados del suelo y la conductividad eléctrica, que están en función de la concentración total de sales solubles. (9,25).

Se han obtenido incrementos de amonio y nitrato como resultado de la descomposición de materia orgánica e incrementos en el contenido de materia orgánica soluble. Los valores de materia orgánica total del suelo han sido similares, entre suelos solarizados y otros en donde se ha aplicado de 3 a 4 veces más materia orgánica soluble pero que no se han solarizado. (9,25).

H.4. Sobre las malezas:

La mayoría de malezas anuales y muchas perennes han sido controladas, incluyendo especies de los siguientes géneros: *Amaranthus*, *Anagallis*, *Avena*, *Capsella*, *Chenopodium*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Eleusine*, *Eumonia*, *Lactuca*, *Mercurialis*, *Montra*, *Notobasis*, *Phalaris*, *Poa*, *Portulaca*, *Sisymbrium*, *Solanum*, *Stellaria* y *Xanthium*. Muchas gramíneas son sensitivas al tratamiento (25,27,34,38,44). Las malezas anuales generalmente son más sensibles a la solarización que las perennes (29).

En experimentos de solarización las poblaciones de malezas fueron reducidas de 60 a 100%; reducciones de 90 a 95% de pasto bermuda y rizomas de pasto johnson (27,34). El control de malezas ha resultado satisfactorio aún bajo condiciones de nubosidad (34).

H.5. Sobre saprófitos y otros organismos:

El solarizado elimina organismos aún no conocidos, estimula el crecimiento de micorrizas y otros organismos benéficos como *Rhizobium* spp. (9,35). Poblaciones de antagonistas se incrementan por el enriquecimiento del medio debido a la debilitación o muerte de las células de los patógenos, como por ej.: *Trichoderma* spp. y *Bacillus* sp. (10,26).

Incrementos de bacterias del tipo estreptomyces que reducen la patogenicidad y poblaciones de los patógenos del suelo. Especies saprofíticas se han incrementado de 3 a 8 veces, las cuáles ayudan a la descomposición de la materia orgánica. También a controlado el ataque de plantas parásitas como *Orobancha* spp. (25,26,34).

I. Mecanismos que operan para el control biológico:

- a. Reducción parcial o total de fungistasis, la cuál mantiene los patógenos en un estado de resistencia pasiva o inactiva. (24,25,27).
- b. Exposición de los microorganismos patógenos a microorganismos líticos y a otros factores detrimentales del suelo después de la eliminación de la fungistasis. (24,25,26,27,35,44).
- c. Temperaturas sub-letales mantienen debiles al resto de estructuras de patógenos, dejándolas vulnerables a la microflora antagónica (25,26,27,28,34).
- d. Creación de un cambio en las poblaciones microbiales del suelo en favor de los saprófiticos resistentes al calor, los cuáles dan protección de la reinfestación por largo tiempo. (24,25,27,28,34,44).
- e. Estimulación a microorganismos antagónicos del suelo, que afectan patógenos por parasitismo, competencia, lysis, antibiosis (25,26,44,50).
- f. Bajo potencial de inóculo y corta longevidad. (26,44).
- g. Control biológico sobre el hospedero debido a la protección cruzada. (26).

J. Duración del efecto del solarizado:

El control ejercido por solarización en diferentes campos de cultivo se ha extendido con resultados satisfactorios hasta un año después, sin evidenciar reinfestación (26,33,34).

El crecimiento de *Fusarium* spp. fue deprimido, y la producción incrementada en los cultivos de sandía y algodón por 2 y 3 años respectivamente, después del tratamiento (27,34).

En 1986 Davis y Sorensen, realizaron un estudio sobre el efecto a largo plazo de la solarización en el control de enfermedades e incremento del rendimiento durante la segunda y tercera cosecha, observándose en diversos cultivos y patógenos, aún en una región más fría como se demostró en Idaho con verticiliosis en papa (29).

K. Estudios futuros y acontecimientos especiales: (29).

- a. Continuar con estudios que detecten más patógenos que puedan controlarse por medio de la solarización en más cultivos.
- b. La solarización debe extenderse a regiones más frías o marginales, a través de la solarización de la tierra en un invernadero cerrado o el empleo de nuevos materiales plásticos.
- c. Estar alerta a posibles efectos secundarios negativos.
- d. Combinar la solarización con otros métodos de control, tales como agentes de biocontrol o pesticidas en dosis reducidas.
- e. Considerar la posibilidad de producir brotes o trasplantes en viveros, utilizando tierras represivas solarizadas. Y solarizar contenedores y las mezclas de tierra para macetas, como las realizadas en 1989 por Gamliel y el mismo año por Kaewruang et al.
- f. La solarización post-siembra representa una importante desviación del empleo clásico de la solarización. Como lo realizado en el control de verticiliosis en el pistacho en

1982 por Ashworth y Gaona. Se siguió esta misma táctica para combatir verticiliosis en olivos, *Rosellinia necatrix* en manzanos. La solarización post siembra de brotes de duraznos mejoró el crecimiento de las plantas (51). Para todo esto es necesario estudiar los cambios fisiológicos que ocurren en plantas demasiado expuestas al calor, a fin de desarrollar métodos de control confiables.

- g. Efectuar estudios del potencial para emplear polietileno usado.
- h. Estudios del potencial de la solarización para controlar enfermedades foliares, como un benéfico efecto secundario. Esto quedó demostrado en Camerún con *cerospora* en cacahuate realizada por Daelemans en 1989 y en Irak con enfermedades foliares de pepino, realizadas por Hassan y Yunis en 1989.
- i. La solarización puede servir de herramienta para estudiar el papel de ciertos patógenos en la reducción del rendimiento, como quedó demostrado con *Pythium* en trigo, por Cook et al. en 1987.

4.1.3.3. Encalado:

A. Antecedentes históricos:

Un estudio de la evaluación de diferentes métodos para el control de hongos del suelo en arveja china, realizado por Garcia, E. et al. determinó que la solarización y el encalado fueron los mejores tratamientos en comparación al control químico con el uso de captan y el uso de fertilizante potásico para el control de la enfermedad de la

podrición radicular en arveja china (*Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.*). Además se obtuvo que el encalado posee una mayor rentabilidad, superando en 6% del tratamiento con solarizado (18).

Según Godínez Fuentes (19), se comprobó que aumentando el pH a 7.1 del suelo, el hongo *Plasmodiophora brassicae* es bastante controlado.

La hernia de las crucíferas, ocasionada por *Plasmodiophora brassicae*, es más prevalente y severa a un pH cercano a 5.7, mientras que se desarrollo decae pronunciadamente entre 5.7 y 6.2 y se inhibe por completo a un pH de 7.8. (1).

B. Materiales de encalado a adicionar en un suelo:

Existen varios materiales de encalado, estas son sustancias cuyos compuestos de Ca y Mg son capaces de neutralizar la acidez de los suelos. (12). El material más usado es la caliza, que en su forma calcítica pura el mineral contiene 40% de Ca. Cuando la presencia de Mg, se encuentra en un nivel mayor que 1.3%, se sugiere hablar de calizas dolomíticas y cuando se encuentra más de 6.5% de Mg, se recomienda el término de dolomita calcítica. Las dolomitas propiamente dichas deberán contener según Pettyjohn más del 11.7% del elemento Mg. (12).

La eficiencia química de las calizas se determina por su equivalente de cal, un material puede tener un equivalente de cal superior al 100%, como ocurre con la dolomita pura cuyo equivalente es de 108%.

La caliza se muele para producir cal agrícola. Cuando por lo menos un 80% exhibe diámetros menores que 2.36 mm. es decir, cuando puede pasar por un tamiz no. 8.

Las cales agrícolas tienen un contenido de humedad de 0.1 y 10 por ciento. (12).

Existen varios métodos para determinar la cantidad de cal necesaria en un suelo siendo uno de los más efectivos el Chandler y Abruña.

Para calcular la cantidad de cal a usar se recomienda: multiplicar por 0.50, la cantidad que pasa por el tamiz no.8; y por uno, la que pasa por el tamiz no. 60. De la suma de estas fracciones se obtiene la eficiencia del material que se estudia. (12).

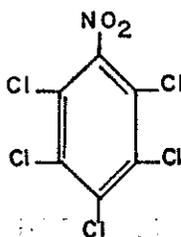
4.1.3.4. Fungicidas a evaluar:

A. PCNB:

Las propiedades físicas y químicas son las siguientes:

Nombre técnico: Pentacloronitrobenzeno.

Formula estructural:



Formula empirica: $C_6Cl_5NO_2$

Sol.Crit. pf: 146°C

Prod. Técn. pf: 142-145°C

Presión de vapor: 0.000133 / 25°C

Solubilidad: Soluble en sulfuro de carbono. Soluble en agua.

Pertenece al grupo de los Nitroderivados, estos describen al Mononitrobenzeno. Entre las propiedades biológicas esta que es un fungicida organoclorado con acción de contacto, protector y muy eficaz para el tratamiento de problemas fungosos de semillas y suelos. Posee un color beige, con 0.76 de densidad aproximada. (33,43).

Cultivos en los que se recomienda:

- Café (*Coffea arabica*): Para el control del mal del talluelo (*Rhizoctonia solani*) en semilleros. Para el control de llaga o malla (*Rosellinia* sp.) y la llaga de macana (*Ceratocystis fimbriata*).
- Papa (*Solanum tuberosum*) y Tomate (*Lycopersicon esculentum*): Para la pudrición de la raíz (*Rhizoctonia* sp.), control del torbo (*Rosellinia* sp.) y Sarna (*Streptomyces* sp.).
- Cereales : Control del carbón apestoso (*Tilletia* sp.) y pudrición de la raíz (*Fusarium* sp.)
- Algodón (*Gossypium hirsutum*): Desinfección de semillas y control de *Rhizoctonia* sp.
- Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y chile pimiento (*Capsicum* sp.): Pudrición del tallo y raíz (*Rhizoctonia* sp. y *Sclerotinia* sp.).
- Repollo, coliflor y brócoli: Mal del talluelo (*Rhizoctonia* sp.) y hernia de las coles (*P. brassicae*).
- Ornamentales: mal del talluelo (*Rhizoctonia*), pudrición de la hoja (*Sclerotinia* sp.) y torbo (*Rosellinia* sp.).

Es un fungicida compatible con plaguicidas usados comunmente, excepto compuestos alcalinos como la cal corriente. Causa fitotoxicidad en lechuga y tomate si entra en contacto en el follaje.

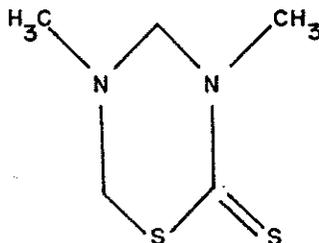
B. Dazomet:

Las propiedades físicas y químicas son las siguientes:(4)

Nombre común: Dazomet.

Denominación química: tetrahidro-3,5-dimetil-2H-1,3,5-tiadiazina-2-tiona.

Fórmula estructural:



Fórmula empírica: $C_5H_{10}N_2S_2$
 Peso molecular: 162.3
 Punto de fusión: 104-105°C
 Presión de vapor: $0.3 \cdot 10^{-5}$ mbar a 20°C.

Solubilidad relativamente buena en acetona y cloroformo.

Pertenece al grupo Tiadiazinas. El Dazomet en contacto con la humedad del suelo se transforma en sustancias que poseen acción esterilizante sobre los organismos que contienen las partículas del suelo, el gas formado se distribuye en los espacios libres y poros del suelo preferentemente en dirección a la superficie, matando todos los organismos del suelo. (4).

Una vez incorporado al suelo, posee un espectro de eficacia bastante extenso, teniendo propiedades nemátocidas, fungicidas y herbicidas, en el caso de fungicidas, actúa sobre *P. brassicae* causante de la hernia de las coles. Utilizándose para este hongo una dosis de 30 a 40 g/m² a una profundidad de incorporación de 30 cm. (4).

4.2. MARCO REFERENCIAL:

La primera publicación de solarizado, en 1976 realizada por Katan, se dio para el control de Verticiliosis en berenjena y jitomate (29).

Desde su establecimiento, se han hecho numerosos estudios acerca de la solarización de la tierra. Durante la primera década de este proceso (1976-1986) se editaron cuando menos 173 publicaciones. Para 1991, probablemente habían más de trescientas. (29).

En muchos países ha sido utilizada la solarización con éxito, para reducir la incidencia en el suelo de insectos, nematodos, hongos, malezas, etc. (3,5,7,17,25,38,45). Consistiendo en un control en el cuál se usan láminas de polietileno durante tiempo variable en época caliente (3,7,27), y en estudios recientes durante época fría e invernal, con nubosidad (5,25,38).

Estudios realizados han dado buenos resultados en el control de diferentes patógenos del suelo y en diferentes cultivos; controlando *Verticillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina*, *Sclerotium*, *Rythium*, *Plasmodiophora*, nematodos, malezas y otros. (3,5,24,25,26,27,29,30,34,35,37,38,44,45,49,50,51).

El efecto de solarización combinado con un tipo de fumigante del suelo, en coliflor dio buenos resultados, usualmente propagulos de *P. brassicae* podrian sobrevivir por más de 28 días sobre 45°C cuando el suelo esta seco, pero mueren cuando se exponen a 40°C durante 14 días, cuando el suelo está húmedo. (41).

Werribee en 1985 combinó solarización con dazomet (100kg/ha) y dio un mejor control que en forma individual. (41). En 1986 solarización combinada con bromuro de metilo al 98%, cloropicrina al 2% (100-250 kg/ha), dieron mejor resultado en el control de *P. brassicae* e incremento de la producción que la combinación de solarizado y dazomet. (41).

También es de importancia considerar los efectos benéficos simultáneos sobre las características del suelo en los referente a fertilidad, aumento de actividad de microorganismos antagónicos a los patógenos de las plantas y el control de muchas malezas. (25,38).

La solarización ha dado buenos resultados en Guatemala, en cuanto al control de patógenos y así también ha resultado ser rentable. (5). Trabajos realizados en el altiplano central, han dado buenos resultados en el control de patógenos del suelo como *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia solani*.

Para el caso del encalado en el control de la hernia de las coles, Godínez Fuentes (19), realizó un experimento del control de la hernia del repollo (*Elasmolophora brassicae*) con diferentes aplicaciones de cal hidratada, en el valle de Almolonga, Quetzaltenango, en 1976. Y comprobó que con el aumento del pH del suelo era bastante controlada la enfermedad de la hernia de las coles, de acuerdo al suelo donde se ubicara el experimento, en su caso se estimó que la dosis adecuada era de 1 onza de cal por postura, teniendo efectos significativos en el control del patógeno, así como ningún efecto anormal en las plantas tratadas. (19).

Teodoro Ferraris cita a Seltenspenger, quien experimento el siguiente método con éxito: Al transplantar las plantitas de crucíferas, excavar alrededor de cada una, una foseta de 6 a 10 cm. de profundidad en el cuál se coloca un puñado de cal viva, recubriendo después la foseta con tierra. El experimento se realizó en terreno muy infectado con *Plasmodiophora brassicae* y los resultados fueron de un control de 100 % (14). También experiencias de Halsted demostraron la superioridad de la cal viva, sobre cualquier otra sustancia. Este autor aconseja esparcirla pulverizada sobre el terreno durante el invierno y en la proporción de 400 - 500 kg/ha. (14).

Para la presente investigación se determinará la dosis adecuada por el método de incubación de carbonato de calcio, a nivel de laboratorio.

El estudio se realizó en el municipio de Patzicia, Chimaltenango. Dicho lugar esta ubicado a 70.5 km de la capital, a 14 km de la cabecera departamental y a 1/2 km de la cabecera municipal. Geográficamente se ubica entre las coordenadas 14°37'54" Latitud Norte, 90°55'35" Longitud Oeste, con altitud de 2130.94 msnm. (20).

La zona de vida dónde se encuentra ubicado el terreno en mención, 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 varia entre 1057 mm y 1588 mm, con un promedio de 1344 mm anuales. (8).

Según Simmons et al. (47) los suelos del área corresponden a la serie de suelos Tecpan, que posee las siguientes características: Son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcanica blanca, porosa y de grano relativamente fino, en un clima frío húmedo seco. Ocupan llanuras de casi planas a onduladas.

5. OBJETIVO

Comparar el efecto de métodos físicos y químicos sobre el control del hongo *P. brassicae*. por medio de la incidencia de la enfermedad y el rendimiento del cultivo de brócoli en Patzicía, Chimaltenango.

6. HIPOTESIS

Por lo menos uno de los tratamientos aplicados es más eficaz en el control del hongo *P. brassicae* en cuanto a la incidencia de la enfermedad y al rendimiento del cultivo de brócoli.

7 METODOLOGIA

7.1. Metodología Experimental:

El experimento se realizó en un terreno donde en los últimos 20 meses no se han cultivado crucíferas, debido a una alta incidencia del hongo. Se empleó un diseño completamente al azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones, las plantas estuvieron distanciadas a 0.5 metros al cuadro, teniendo cada unidad experimental un área bruta de 24 m² y un área neta de 15 m².

7.2. Material Genético:

Se utilizó semilla del híbrido Marathon.

7.3. Descripción de los Tratamientos:

Los tratamientos evaluados fueron:

7.3.1. Solarizado.

7.3.2. Encalado.

7.3.3. PCNR

7.3.4. Dazomet

7.3.5. Combinación solarizado-PCNR.

7.3.6. Combinación solarizado-encalado.

7.3.7. Téstigo Absoluto.

7.3.1. Solarizado:

Se uso polietileno transparente, de un calibre de 1.25 mil (0.03175mm), durante 8 semanas. Cuatro días antes de colocar el polietileno, se regó hasta llegar a capacidad de campo. Al colocar el polietileno se recubrieron los extremos para que quedará lo más herméticamente posible. Dos días antes del trasplante se eliminaron las cubiertas plásticas.

7.3.2. Encalado:

Se realizó un análisis físico-químico de suelo y en base a esto se determinó la dosis requerida de cal dolomítica, siendo de 3,787.88 kilogramos por hectárea para elevar el pH de 6.2 a 7.1, utilizando para el efecto la metodología de Incubación con Carbonato de Calcio. El encalado se realizó 8 semanas antes del trasplante.

7.3.3. PCNB:

Se utilizó una dosis de 40 gr/m² aplicada con suficiente agua para mojar el suelo hasta 10 cm de profundidad. Esta solución se aplicó momentos antes de realizar el trasplante.

7.3.4. Dazomet:

Se aplicaron 48 g/m² en el campo definitivo, incorporándolo hasta una profundidad de 30 cm, luego se compacto el suelo. Para sellar el suelo, se aplicó riego uniforme, a los 12 días se removió el suelo, permitiendo que se diera el escape o desprendimiento de los gases durante 18 días, finalmente se realizó el trasplante.

7.3.5. PCNB-Solarizado:

Se colocó el polietileno transparente como se cita en el tratamiento de solarizado y al quitar el plástico se aplicó PCNB como se describe en el tratamiento 7.2.3. (mismo tiempo y dosis).

7.3.6. Solarizado-Encalado:

Se encaló dos días antes de colocar el plástico para el solarizado, realizando el procedimiento que se describe en forma individual de cada tratamiento.

Manejo del Cultivo:

Se efectuó el trasplante utilizando pilones de brócoli a una distancia de 50 centímetros al cuadro, realizándose de la siguiente manera:

Primero se realizó el agujero, luego se aplicó insecticida granulado (Diazigran) juntamente con el fertilizante formula completa (425 kg/ha de 15-15-15)., cubriéndolos con una capa de tierra de aproximadamente 2.5 cm. y finalmente se colocó la plantita.

La segunda fertilización se realizó 10 días después del trasplante, 425 kg/ha de 15-15-15, se hizo a una distancia aproximada de 8 a 10 cm del pie de la planta. Y la tercera fertilización se efectuó 30 días después del trasplante, 425 kg/ha de Urea; juntamente con esta aplicación se realizó la calza.

La limpia se realizó 22 días después del trasplante.

7.4. Variables evaluadas:

7.4.1. Incidencia de la enfermedad:

Se arrancaron las plantas con todo y raíz, realizando lecturas de incidencia al momento de la cosecha, tomando en cuenta el número de plantas infectadas con *P. brassicae* con respecto al total de plantas en cada unidad experimental.

7.4.2. Rendimiento en kilogramos por hectárea:

Se cosecharon todas las plantas de brócoli, en el punto óptimo para su comercialización (entre la décima a la doceava semana) y se determinó el rendimiento en kg/Ha.

7.4.3. Diámetro Promedio de inflorescencias de brócoli:

Al cosechar se midió el diámetro de 25 inflorescencias por cada unidad experimental.

7.5. Análisis de datos:

7.5.1. Estadístico:

- a. Porcentaje de incidencia de la enfermedad de la hernia del brócoli.
- b. Rendimiento en kg/Ha/tratamiento.
- c. Diámetro promedio de las inflorescencias.



El modelo utilizado para el efecto es:

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

Referencias:

- Y_{ij} = Variable de respuesta.
- M = Efecto de la media general.
- T_i = Efecto del i ...esimo tratamiento.
- E_{ij} = Error experimental en la ij ...esima unidad experimental.

Posteriormente se realizaron contrastes ortogonales y un análisis de correlación entre la incidencia de la enfermedad y el rendimiento, eliminando el efecto de las fuentes de variación del modelo empleado. Para ello se realizó un análisis de varianza multivariado.

7.5.2. Económico:

Se realizó un análisis Marginal, tomando en cuenta: Presupuesto Parcial, Análisis de Dominancia y la Tasa Marginal de Retorno.

8. RESULTADOS Y DISCUSION:

8.1. Incidencia de la enfermedad:

Es importante mencionar que no se presentaron síntomas visibles en el follaje durante el ciclo del cultivo lo cual posiblemente se debió a que la infección ocurrió en la etapa final del cultivo (durante la floración). En el cuadro 1 se muestra el número de plantas de brócoli enfermas con hernia de las crucíferas (*P. brassicae*) por unidad experimental, estos datos fueron tomados al momento de la cosecha, encontrándose tumores de aspecto globoso en la raíz.

Cuadro 1: Número de plantas enfermas con la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en brócoli. Patzicia, 1995.

Tratamiento.	I	II	III	IV	Promedio
Solarizado	0	0	0	0	0
Encalado	0	0	0	0	0
PCNB	56	55	60	58	57.25
Dazomet	55	53	54	54	54
Sol-PCNB	0	0	0	0	0
Sol-Enc	0	0	0	0	0
Testigo	60	58	60	59	59.25

A los datos del cuadro 1, se les determinó el porcentaje de incidencia. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (Cuadro 7 "A" del apéndice), puede observarse que existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 2: Contrastes ortogonales para la incidencia de la enfermedad "Hernia de las crucíferas" (Plasmodiophora brassicae) en brócoli

Contraste	$\Sigma a_i Y_i$	F	Pr>F
Resto de tratam. vrs Testigo	-977	6117.8	0.0001
sol, encal, sol-enc, sol-PCNB vrs. QQ.	-890	17768.9	0.0001
PCNB vrs. dazomet	13	22.75	0.0001
sol, enc. vrs sol-enc, sol-PCNB	0	0.000	1.00
sol-PCNB vrs. sol-enc.	0	0.000	1.00
solarizado vrs. encalado	0	0.000	1.00

La prueba de los contrastes ortogonales indica que el testigo presentó mayor incidencia de P. brassicae que la obtenida en los demás tratamientos. Los tratamientos en donde se aplicó algún método físico controló la incidencia de P. brassicae, no así los tratamientos químicos (PCNB, dazomet), que presentaron incidencia. Se encontró que el dazomet presentó menor incidencia de P. brassicae que el PCNB. Los tratamientos físicos individuales (solarizado, encalado) y combinados (solarizado-encalado, solarizado-PCNB) no presentaron incidencia de la enfermedad.

Para evitar problemas de desbalance de nutrientes en el suelo, en el tratamiento donde se aplicó cal dolomítica, se tomó como referencia el análisis físico-químico del suelo (cuadro 10"A" del apéndice). En el cual se puede observar que el pH (6.2) es apto para el desarrollo del hongo Plasmodiophora brassicae, con contenido adecuado de calcio, deficiente en magnesio, alto en potasio, CIC ligeramente bajo y % de saturación de bases bajo, todo ello viene a justificar la aplicación de

cal dolomítica, que incrementó el pH a 7.1, valor en el cual se inhibe el desarrollo del hongo, aumenta el calcio intercambiable a 7.57 meq/100g e incrementa el magnesio intercambiable a 3.31 meq/100g, dando una relación Ca/Mg aceptable de 2.3/1, de Mg/K aceptable de 3.76/1 y relación Ca+Mg/K aceptable de 12.36/1. Por lo que este tratamiento no solo evitó el desarrollo del hongo, sino que también mejoró las condiciones químicas del suelo.

8.2. Rendimiento:

A los datos de rendimiento expresados en kilogramos por hectárea que se presentan en el cuadro 3 se les realizó el análisis de varianza (cuadro 8"A" del apéndice), en el que se nota que los tratamientos evaluados presentaron diferencias significativas, por lo que para obtener un mejor criterio de estos resultados se realizaron contrastes ortogonales.

Cuadro 3: Rendimiento expresado en kilogramos por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae) en el cultivo de brócoli. Patzicia, Chimaltenango, 1995.

Tratamiento	I	II	III	IV	Promedio
Solarizado	21818.18	19696.97	18181.82	21212.12	20227.3
Encelado	20606.06	19090.90	17878.79	19393.94	19242.4
PCNB	15151.52	15454.55	15757.57	15151.51	15378.8
Dazomet	19696.96	17575.76	22121.21	18787.88	19545.5
Sol-PCNB	23030.30	22121.21	22121.21	22727.27	22500
Sol-Enc.	27727.27	24545.45	25454.55	25454.55	25795.5
Testigo	17272.73	16060.61	16166.67	15151.52	16162.9

Cuadro 4: Contrastes ortogonales para rendimiento, expresados en kilogramos por hectárea.

Contrastes	$\Sigma a_j Y_j$	F	Pr>F
Resto de tratae. vrs Testigo	102848	41.97	0.0001
sol, enc. sol-enc. sol-PCNB vrs QQ.	71667	71.32	0.0001
PCNB vrs dazomet	-16667	23.14	0.0001
sol, enc vrs sol-enc. sol-PCNB	-35303	51.92	0.0001
sol-PCNB vrs sol-enc	-13182	14.48	0.0010
solarizado vrs encalado	3939	1.29	0.2683

El primer contraste ortogonal indica que los rendimientos obtenidos con los tratamientos son superiores al rendimiento obtenido en el testigo. En el segundo contraste los métodos físicos ya sea solos o en combinación, obtuvieron rendimientos superiores a los obtenidos en los tratamientos químicos. El dazomet presentó rendimiento superior al PCNB. Los rendimientos de las combinaciones de los tratamientos físicos resultaron mejor que los rendimientos de los tratamientos físicos individuales. El tratamiento de solarizado-encalado, presentó rendimiento superior al tratamiento de solarizado-PCNB. Los tratamientos de solarizado y encalado presentaron resultados semejantes respecto al rendimiento.

El tratamiento de solarizado-encalado resultó ser el mejor en cuanto al rendimiento, esto se debió a que el solarizado al aumentar la temperatura y mantener la humedad, aumenta la mineralización de la materia orgánica y a que el encalado produjo una mejor reacción de Ca y Mg, eliminando la deficiencia de magnesio. El solarizado probablemente actúa aumentando los macro y microelementos en la solución del suelo, destruye materiales fitotóxicos acumulados en el suelo y mejora los

agregados del mismo (3,10,37). Por lo que al comparar el rendimiento del híbrido Marathon (13,000 Kg/Ha), con el obtenido en el tratamiento solarizado-encalado (25,795.50 Kg/Ha) el resultado fue mucho mayor.

8.3. Diámetro de las Inflorescencias:

Al diámetro promedio de floretes de brócoli de 25 plantas por unidad experimental, presentados en el cuadro 5 se les realizó análisis de varianza (ver cuadro 9"A" del apéndice), en donde se puede observar que el diámetro no presenta diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 5: Promedio de las plantas seleccionadas al azar para medir el diámetro de las inflorescencias del cultivo de brócoli para cada tratamiento. Patzicia, 1995.

Tratamiento.	I	II	III	IV	Promedio
Solarizado	14.7	15.4	15.2	16.1	15.35
Encalado	15.2	15.5	16.5	14.5	15.43
PCNB	14.3	16.1	15.4	16.0	15.45
Dazomet	14.3	15.5	14.5	17.5	15.45
Sol-PCNB	16.5	16.0	15.3	14.4	15.55
Sol-Enc.	15.5	14.6	15.5	16.2	15.45
Testigo	14.5	14.3	15.4	15.5	14.98

8.4. Correlación entre incidencia y rendimiento:

Al tomar en cuenta los promedios de incidencia de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli y el promedio del rendimiento, al eliminar el efecto de las fuentes de variación del modelo, no se encontró una correlación significativa entre ambas variables ($r = 0.1746$, $P > 0.4371$).

8.5. Económico:

Para poder decidir cual de los tratamientos es el más conveniente económicamente se realizó un análisis marginal, tomando en cuenta el promedio del rendimiento (cuadro 3) y los costos variables (cuadro 11"A" del apéndice). Y con los resultados del Presupuesto Parcial y Análisis de Dominancia (cuadros 12"A" y 13"A" del apéndice respectivamente), se procedió al cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), dando los resultados que se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6: Tasa Marginal de Retorno para los tratamientos seleccionados del Análisis de Dominancia

Tratamiento	BN	CV	BN	CV	TMR
Sol-Enc	26327.90	7722.16	4366.64	4283.64	101.93
Encal.	21961.45	3438.52	1177.39	2887.55	40.77
Testigo	20784.06	550.97			

El tratamiento de solarizado-encalado, obtuvo la mayor Tasa Marginal de Retorno, con un valor de 101.93%, esto significa que por cada quetzal invertido en este tratamiento se recuperará el quetzal y se obtendrá 0.02 adicionales.

El tratamiento de Encalado, obtuvo el valor más cercano al tratamiento de Solarizado-Encalado, por lo que estos dos tratamientos se constituyen en los tratamientos más convenientes para el control de la hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae), desde el punto de vista económico, que es el factor más importante en la aceptación o rechazo de una nueva tecnología. Sin embargo no hay que olvidar que para realizar encalado es necesario un análisis físico-químico de suelo, para evitar problemas de desbalance en el mismo.

9. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos que comprendieron el solarizado, solarizado-encalado, solarizado-PCNB y encalado fueron eficaces para el control de Plasmodiophora brassicae, siendo el solarizado-encalado el tratamiento que produjo el mayor rendimiento (25795.5 Kg/Ha.) y la mayor Tasa Marginal de Retorno (101.93%).
2. No se encontró correlación significativa entre la incidencia de la hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae) y el rendimiento.
3. Los tratamientos de solarizado, solarizado-encalado y encalado son una alternativa de control de P. brassicae, que no contamina el ambiente, y es de uso seguro para los agricultores, siempre que se realice un análisis físico-químico del suelo, previo a encalar.

10. RECOMENDACIONES

1. Preliminarmente se recomienda para el control del hongo (Plasmodiophora brassicae) en el cultivo de brócoli, el tratamiento en dónde se combine el solarizado con la aplicación de cal dolomítica, siempre y cuando se tome como base un análisis completo de suelo, para no generar desbalance de nutrientes en el suelo. En caso no se pueda aplicar cal dolomítica, por el análisis del suelo efectuado previo a su aplicación, se recomienda el uso de solarizado.
2. Efectuar otras investigaciones en forma extensiva, en dónde se evalúe el encalado y solarizado y sus variantes, en otras épocas y otras localidades, para validar ésta tecnología.

11. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.N. 1989. Fitopatología; enfermedades de plantas ocasionadas por hongos. Trad. por Manuel Guzmán Ortiz. México, D.F., Limusa. p. 87,133,296-223.
2. ARGUETA, M. 1989. Identificación del agente causal y alternativas de control de la enfermedad de la raíz del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en la aldea San Juan Bosco, municipio de Casillas, departamento de Santa Rosa. EPEA-Investigación Inferencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 32 p.
3. ASHWORTH JUNIOR, L.J.; GAONA, S.A. 1982. Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling *Verticillium* wilt in established pistachio nut groves. *Phytopathology* (EE.UU.) 72(2):243-246.
4. EASF (Alemania). s.f. Basamid-granulado; desinfectante de suelos contra nemátodos, hongos, insectos y malezas. República Federal de Alemania. 27 p.
5. CALDERON, E.; GARCIA, E. 1992. Evaluación de los diferentes métodos para el control de hongos del suelo en arveja china. En Manejo integrado de plagas en arveja china; fase I: 1991-1992 (1992, Guatemala). V. Salguero, R. Fisher y D. Dardón eds. Guatemala, Proyecto de Desarrollo Agrícola. p. 83-90
6. CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica, IICA. p. 175-179.
7. CENIS, J.L. 1989. Temperature evaluation in solarized soils by fourier analysis. *Phytopathology* (EE.UU.) 79(50):506.
8. 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.
9. CHEN, Y.; KATAN, J. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science* (EE.UU.) 130(5):271-273.
10. ELAP, Y.; KATAN, J.; CHET, I. 1980. Physical, biological and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* (EE.UU.) 70(5):418-421.
11. ESTADOS UNIDOS. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. 1989. An importer's guide to nontraditional agricultural products from Guatemala. Guatemala, Piedra Santa. p 25.

12. FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. p. 161-182.
13. FERNANDEZ, M.V. 1952. Introducción a la fitopatología. Buenos Aires, Argentina, Gadola. p. 190-191.
14. FERRARIS, T. 1930. Tratado de patología y terapéutica vegetales. Trad. por Miguel Benlloch y José del Cañizo. Barcelona, España, Salvat. p. 79-87.
15. GARCIA, E. 1992. Manejo racional de plagas en arveja china. Guatemala, Programa de Desarrollo Agrícola. p. 3-7.
16. GARCIA, E.; *et al.* 1993. Evaluación de los diferentes métodos para el control de hongos del suelo en arveja china. En Manejo integrado de plagas en arveja china; fase II: 1992-1993 (1993, Guatemala). V. Salguero y D. Dardón. eds. Guatemala, Proyecto de Desarrollo Agrícola. p. 27-
17. GARCIA DOMINGUEZ, F.T. 1959. Fitopatología general. Barcelona, España, Salvat. p. 103-206.
18. _____. 1961. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. España, Dosset. p. 589-592.
19. 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, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p.
20. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 2, p. 916-919.
21. JOHNSTON, J.R. 1942. Patología vegetal. Guatemala, Tipografía Nacional. p. 103-104.
22. JONES, S.P. 1988. Sistemática vegetal. Trad. por María de Lourdes Huesca Tapia. México, D.F., McGRAW-HILL. p. 384-366.
23. JUSCAFRESA, B. 1973. Lucha contra los parásitos vegetales. Barcelona, España, Sintés. 153 p.
24. KATAN, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. Plant Disease (EE.UU.) 64(5):450-454.

25. _____ . 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annual Review of Phytopathology (EE.UU.) 19:211-223.
26. _____ . 1993. Solarización. En Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas (I., 1993, Colima, México). Manzanilla, Colima, México, s.n. p. 17-24.
27. _____ ; FISHLER, G.; GRINSTEIN, A. 1983. Short-and-long-term effects of soil solarization and crop sequence on *Fusarium wilt* and yield of cotton in Israel. Phytopathology (EE.UU.) 73(8):1215-1219.
28. KATAN, J.; GREENBERGER, H.; GRINSTEIN, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. Phytopathology (EE.UU.) 66(5):683-687.
29. KATAN, J.; GREENBERGER, H.; YOGEV, A. 1985. Induce suppressiveness in solarized soils. Phytopathology (EE.UU.) 75(11):1291.
30. LEE, F.N. 1985. Effect of soil solarization with clear plastic and shallowflood on the survival of *Rhizoctonia solani* sclerotia. Phytopathology (EE.UU.) 75(11):1291.
31. LIEBMAN, J.A. et al. 1989. Evaluation of soil solarization for control of *Verticillium* wilt in cherry tomato. Phytopathology (EE.UU.) 79(10):1194.
32. LOPEZ, B.J. 1982. Cultivo de coles, coliflores y brócolis. Barcelona, España, Sintesis. 140 p.
33. NARMAN USA (EE.UU.). s.f. PCNB 75% pm. United States. s.p.
34. MARTYN, R.D.; HARTZ, T.K. 1986. Use of soil solarization to control *Fusarium* wilt of watermelon. Plant Disease (EE.UU.) 70(8):762-766.
35. MIHAIL, J.D.; ALCORN, S.M. 1984. Effects of solarization on *Macrorhynchium phaseolina* and *Sclerotium rolfsii*. Plant Disease (EE.UU.) 68(2):156-159.
36. MONTERROSO, D.S.; RUEGG, K. 1974. Incidencia del nudo o hernia del repollo (*Elasmolophora brassicae*), en el valle de Ahmalonga, Quetzaltenango. Revista Agronomía (Suplemento) (Gua) no.4:9-19.
37. MUNNECKE, D.E.; RANOREZ, J. 1985. Effects of solarization of soil amended with residues on *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* race 5. Phytopathology (EE.UU.) 75(11):1291.

38. 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.
39. OCHOA, E.; LEAL, H. 1992. Importancia del cultivo del brócoli. En Manejo integrado de plagas en brócoli; fase I: 1991-1992 (1992, Guatemala). D. Dardon, V. Salguero y R. Fisher. eds. Guatemala, Proyecto de Desarrollo Agrícola. 33 p.
40. OGILVIE, M.; LAURENCE, A. 1964. Enfermedades de las hortalizas. España, Acribia. p. 4-10.
41. PORTER, P.R.; MERRIMAN; KEANE, P.J. 1991. Soil solarization combined with low rates of soil fumigants controls club-root of cauliflowers, caused by *Plasmodiophora brassicae* Woron. *Australian Journal of Experimental Agriculture (Australian)* 31:843-850.
42. PRADO BRAVO, C.H. 1982. Estimación de la distribución y causas de diseminación del hongo *Plasmodiophora brassicae* responsable de la hernia de las crucíferas en la república de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 31-34.
43. QUIMICAS KAY (C.R.). s.f. FCNB 75%, fungicida de amplio espectro para el control de múltiples hongos en el suelo. Costa Rica. s.p.
44. RAMIREZ-VILLAPUDUA, J.; MUNNECKE, D.E. 1987. Control of cabbage yellows (*Eusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*) by solar heating of field soils amended with dry cabbage residues. *Plant Disease (EE.UU.)* 71(3):217-221.
45. _____. 1988. Effect of solar heating and soil amendments for cruciferous residues on *Eusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* and other organisms. *Phytopathology (EE.UU.)* 78(3):289-295.
46. ROJAS, U. 1936. Elementos de botánica general. Guatemala, Tipografía Nacional. v.3, p. 1191.
47. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
48. STACHMAN, J.R.; HARRAR, J.G. 1957. Principles of plant pathology. New York, Estados Unidos, The Ronald Press. p. 319-320.

49. STAPLETON, J.J.; DeVAY, E. 1983. Response of phytoparasitic and free-living nematodes to soil solarization and 1,3-dichloropropene in California. American Phytopathological Society (EE.UU.) 73(10):1429-1435.
50. _____. 1983. Soil solarization as a postplant treatment to increase growth of nursery trees. Phytopathology (EE.UU.) 75(10):1179.
51. _____. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. Phytopathology (EE.UU.) 64(3):255-259.
52. URQUIJO, L.P.; SARDINA, J.R.; SANTA OLALLA, A.G. 1971. Patología vegetal agrícola. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 138-140.
53. VILLEDA RAMIREZ, E. 1992. El cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var. botrytis, subvar. itálica). Guatemala, Proyecto de Desarrollo Agrícola. 36 p.
54. WALKER, J.C. 1959. Enfermedades de las hortalizas. Barcelona, España, Salvat. p. 103-206.
55. _____. 1965. Patología vegetal. Barcelona, España, Omega. p. 191-198.
56. WESCOTT, C. 1960. Plant diseases hand book. Princeton, New Jersey, United States, D. Van Nostrand. P. 177-178.



Vo. Bo. Rolando Barrios

12. APENDICE

Cuadro 7"A": Análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de la Hernia de Las Crucíferas (Plasmodiophora brassicae) en brócoli, transformados mediante Arcoseno.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr>F
Trat.	6	61680.72	10280.12	3984.91	0.0001
Error	21	54.18	2.58		
Total	27	61734.89			

C.V. Coeficiente de Variación = 3.96%

Cuadro 8"A": Análisis de varianza para la variable rendimiento expresado en kilogramos por hectárea.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr>F
Trat.	6	306241473	51040246	34.02	0.0001
Error	21	31506310	1500300		
Total	27	337747783			

C.V. Coeficiente de variación = 6.17%

Cuadro 9"A": Análisis de varianza para la variable diámetro, expresado en centímetros.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr>F
Trat.	6	0.84	0.14	0.18	0.98
Error	21	16.24	0.77		
Total	27	17.07			

C.V. Coeficiente de variación = 5.72%

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Cuadro 10"A": Análisis físico y químico de suelos, de la parcela dónde se realizó la investigación. Patzicia, Chimaltenango, 1995.

DISPONIBLES	PPM	pH	6.2
		P	81.03
		K	368
	meq/100g	Ca	5.92
		Mg	0.92
		CIC	17.20
INTERCAMBIABLES	meq/100g	Ca	4.74
		Mg	0.98
		Na	0.26
		K	0.88
		Ca/Mg	4.84/1
	Relaciones	Mg/K	1.11/1
		Ca+Mg/K	6.5/1
		%SB	39.88
		%MO	3.97
		%Arcilla	8.99
		%Limo	22.68
		%Arena	68.33
		Clase Textural	Franco Arenoso
		pH NaF	9.2

Fuente: Laboratorio de suelo, planta y agua Salvador Castillo Orellana. FAUSAC.

Cuadro 11"A": Costos variables por hectárea del cultivo de brócoli en la época de evaluación, relacionados con los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*). Patzicia, Chimaltenango.

CONCEPTO	UN./MEDIDA	VALOR (Q)	V. PAR. TOT
- arrendamiento	Ha(5meses)	918.27	918.27†
	Ha(4meses)	734.62	734.62††
	Ha(3meses)	550.97	550.97†††
-preparación suelo	25 jornales	20.00	500.00
-colocación plástico	30 jornales	20.00	600.00
-aplicación cal	15 jornales	20.00	300.00
-aplicación PCNB	15 jornales	20.00	300.00
-aplicación Dazomet	25 jornales	20.00	500.00
-Desinfección suelo	5 jornales	20.00	100.00
-Trasplante (manual)	40 jornales	20.00	800.00
-siembra	8 jornales	20.00	160.00
-fertilizaciones	15 jornales	20.00	300.00
-riego	8 jornales	20.00	160.00
-fumigaciones	40 jornales	20.00	800.00
-cosecha	120 jornales	20.00	2400.00
-insunsa			
-baldones	2997	0.25	739.25
#fertilizantes			2000.00
#insecticidas			180.00
#fungicidas			130.11
Tratamientos			
-Cal dolomítica			2220.25
-PCNB			3525.19
-Dazomet			6484.48
-plástico			3483.64
-fuerza eléctrica	10 jornales	20.00	200.00

† Arrendamiento por 5 meses (solarizado, enclavado, solarizado-PCNB, solarizado-enclavado)

†† Arrendamiento por 4 meses (dazomet) ††† Arrendamiento por 3 meses (PCNB, T.Abb.)

Cuadro 12"A": Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli. Patzicia, Chimaltenango, 1995.

Trat.	1	2	3	4	5	6	7
Arrendamiento	918.27	918.27	550.97	734.62	918.27	918.27	550.97
mano de obra	900.00	900.00	300.00	500.00	1100.00	1100.00	
insumos	3487.64	2220.25	3623.19	8494.48	7106.83	5703.89	
C.V.T.	5201.91	3438.52	4474.16	9719.10	9125.10	7722.16	550.97
Rend. kg/ha	20227.27	19242.40	15378.80	17545.50	22500.00	25795.50	16142.9
precio kg/D	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
B.N.	26699.99	21961.45	20500.02	25800.06	29700.00	34050.06	21335.03
S.M.	21498.08	21961.45	15825.86	16080.96	20574.90	26327.90	20784.06

Cuadro 13"A": Análisis de Dominancia para los tratamientos bajo estudio. Patzicia, Chimaltenango, 1995.

Tratamiento	B.N.	C.V.
sol-Enc.	26327.90	7722.16 ND
Enc.	21961.45	3438.52 ND
solarizado	21498.08	5201.91 D
T.Abs.	20784.06	550.97 ND
sol-PCNB	20574.90	9125.10 D
dazomet	16080.96	9719.10 D
PCNB	15825.86	4474.16 D

ND = Tratamientos No Dominantes, los cuales pasan a la determinación de la Tasa Marginal de Retorno.



LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE METODOS DE CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS (Plasmodiophora brassicae), EN EL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea var. itálica) EN PATZICIA, CHIMALTENANGO".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MIGUEL ANTONIO LOPEZ QUIÑONEZ

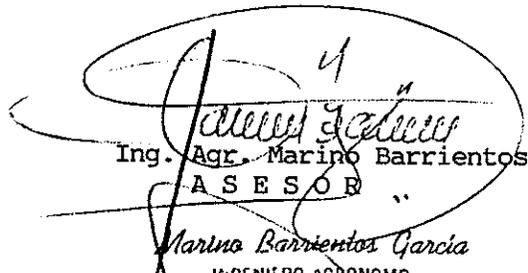
CARNET No: 8913592

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Hugo Cardona
 Ing. Agr. Rolando Aguilera
 Ing. Agr. Oscar Leiva
 Ing. Agr. Edil Rodríguez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentnos 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

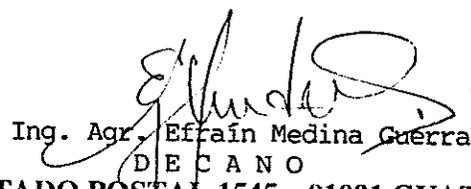

 Ing. Agr. Marino Barrientos
 ASESOR

Marino Barrientos Garcia
 INGENIERO AGRONOMO
 Colegiado: 511

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
 DECANO

