

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA**



**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata*:
Una Alternativa Tecnológica para el Control de Malezas y Nemátodos en el
Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var: *itálica*).**

Por:

JORGE DE ANDA VILLARREAL

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista Saltillo, Coahuila, México
Febrero del 2003

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMIA**

**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata*:
Una Alternativa Tecnológica para el Control de Malezas y Nemátodos en el cultivo
de Brócoli (*Brassica oleracea* var: *itálica*)**

TESIS

Presentada por:

JORGE DE ANDA VILLARREAL

Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada

M.C. Arturo Coronado Leza

Presidente del Jurado Examinador (UAAAN)

Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar
Director de Tesis (CIQA)

M.C. Jesús García Camargo
Asesor (UAAAN)

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo
Sinodal (UAAAN)

M.C. Leopoldo Arce González
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista Saltillo, Coahuila, México
Febrero del 2003

DEDICATORIA

A MI PADRE CELESTIAL:

Como un testimonio de la guía espiritual que he recibido en todo momento, lo cual ha forjado en mí la fe y optimismo para emprender y culminar una etapa más de mi existencia terrenal.

CON GRAN CARIÑO PARA MIS PADRES:

**DAVID DE ANDA BERLANGA
MARIA VICTORIA VILLARREAL de DE ANDA**

Por todo su apoyo en esta vida de formación tanto humana como profesional, así como sus enseñanzas, experiencias y el gran ejemplo transmitido, el cual ha sido el pilar que ha conducido en mí la confianza y fortaleza para superarme. Con este trabajo les brindo un humilde tributo de admiración y respeto.

A MIS HERMANOS:

LETICIA, DAVID, RODRIGO, MARTHA, JAIME y EDGAR.

Quienes sacrificaron siempre algo de lo que les correspondía para contribuir en mi formación profesional, así como su confianza y apoyo moral, que me ha impulsado a superarme en el logro de esta etapa de mi vida.

A todos mis familiares que han influido en forma directa o indirecta en mi formación profesional; por su ayuda, comprensión y calor que todos a su manera dan a la familia.

A todos mis amigos de Licenciatura, quienes hemos aprendido a valorar y aportar lo mejor de nosotros a las nuevas generaciones.

AGRADECIMIENTOS

A MI PADRE CELESTIAL:

Por darme la oportunidad de vivir y el privilegio de ser instrumento en sus manos para alcanzar una meta más en esta vida.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN):

Por darme la oportunidad de haberme formado en su seno y darme la fortaleza para culminar una meta de mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del sistema regional SIREYES por el apoyo financiero para realizar el presente trabajo de investigación.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por el gran apoyo laboral otorgado para la realización del presente trabajo de investigación.

A LOS MIEMBROS DEL COMITÉ DE ASESORIA:

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar por darme la oportunidad de trabajar con él y por la confianza que depositó en mí para llevar a cabo este trabajo , así como sus valiosos conocimientos y acertadas observaciones y ayuda, pero sobre todo por su amistad y consejos recibidos.

Al Ing. M.C. Arturo Coronado Leza por su amplia disposición y apoyo para realizar la investigación, revisión y corrección de la presente tesis.

Al Ing. M.C. Jesús García Camargo por formar parte del comité de asesoría, su participación y aportaciones brindadas en la revisión de esta tesis.

Al Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo por su colaboración y disposición en formar parte del comité de asesoría.

Para todas aquellas personas que desinteresadamente contribuyeron de alguna manera para la realización de este trabajo de investigación.

Con invaluable gratitud a los maestros del Departamento de Parasitología, quienes depositaron en mí sus conocimientos profesionales.

A mis compañeros de la generación XCIV de Parasitología con quienes compartí experiencias muy agradables; y muy en especial a mi gran amigo Alejandro López Alvarez por su amistad y grandes experiencias que compartimos.

A mi familia por estar siempre conmigo. MIL GRACIAS.

RESUMEN

Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata*: Una Alternativa Tecnológica para el Control de Malezas y Nemátodos en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var: *itálica*)

Por:

JORGE DE ANDA VILLARREAL

LICENCIATURA
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
BUENAVISTA SALTILLO, MEXICO. FEBRERO 2003

M.C. Coronado Leza Arturo	-Asesor principal
Dr. Lira Saldívar R. Hugo	-Director de tesis
M.C. García Camargo Jesús	-Co-asesor

Palabras clave: Brócoli, Control biofísico, Solarización, Resina de *Larrea tridentata*, Control de malezas y nematodos.

Incorporando el concepto tecnológico de biofumigación para controlar malezas y nematodos, se realizó un trabajo de investigación en Saltillo, Coahuila, México. El experimento se ubicó en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado en las coordenadas geográficas de 25°27' de latitud norte, 101°02' de longitud oeste del meridiano de Greenwich a una altitud de 1619 msnm, en el ciclo otoño-invierno 2001/2002. El trabajo consistió en evaluar y explorar la interacción del efecto de tres periodos de solarización (80, 40 y 0 días) más la adición de resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) al suelo (40, 20 y 0, kg/ha) con el propósito de crear condiciones favorables para la degradación y liberación de compuestos volátiles tóxicos para malezas y nemátodos presentes en el área experimental.

El suelo se solarizó con una película de polietileno transparente de 35u durante el ciclo otoño-invierno. Durante el periodo de solarización y bajo las condiciones ambientales de la región, la máxima temperatura alcanzada fue de 50.1°C a una profundidad de 1.5 cm según datos tomados el 18 de septiembre del 2001 a las 15:00 horas en el área

solarizada; y la mínima de 18.7°C a 15 cm de profundidad el 29 de octubre en el área no solarizada.

Los resultados muestran que a pesar de la incorporación de la resina de gobernadora (*Larrea tridentata*), no se produjo un efecto letal adicional tanto para control de malezas como nemátodos en campo. Se realizaron muestreos al término de la solarización, durante el ciclo del cultivo de brócoli y durante la cosecha del mismo, para conocer la susceptibilidad de las diversas especies de malezas así como nemátodos fitoparásitos a la solarización, encontrándose que temperaturas subletales (menores de 60°C) producen ruptura de latencia de semillas, lo que ocasionó mayor presencia de malezas en las unidades experimentales solarizadas, no siendo así para las unidades no solarizadas al término del proceso de solarización.

En el área solarizada, el banco de semillas de malezas fue agotado drásticamente ocasionando una reducción significativa de malezas en la época crítica de control del cultivo de brócoli y con la consecuente ausencia de ellas durante la cosecha; siendo en forma inversa para las unidades no solarizadas.

Para el caso de nemátodos, a pesar de las bajas poblaciones que se presentaron, solo se observó una ligera tendencia a encontrar una mayor población de éstos con los períodos mas largos de solarización, aunque las temperaturas generadas en el experimento fueron teóricamente subletales.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre el efecto de la resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) en malezas, se detectó una tendencia muy clara de mayor producción de biomasa seca en las dosis mas elevadas (40 kg/ha) de resina. La evaluación en laboratorio con semillas de brócoli demostró marcadamente este efecto, observándose que en el rango de 125-1000 ppm de resina, se presentó mayor crecimiento aéreo que radicular, en comparación con el testigo y con las dosis superiores evaluadas (8000 ppm).

En relación con el efecto sobre los nemátodos en campo, la resina de gobernadora no presentó efectos marcados debido a las bajas poblaciones que se presentaron, sin embargo, en el bioensayo realizado en el laboratorio, si se apreció un efecto inmovilizador que pudo ser nematicida altamente significativo con dosis superiores a las 4000 ppm y estadísticamente igual al producto nematicida comercial evaluado (Mocap).

El efecto de la solarización se reflejó claramente y con diferencias altamente significativas en el control de malezas, así como en el rendimiento que expreso el cultivo de brócoli, puesto que se incrementó en promedio casi un 25% en comparación con las unidades no solarizadas; no presentando efectos tan claros para el factor resina de gobernadora.

Con lo antes expuesto, el acolchado plástico transparente para solarizar y utilizado también como acolchado plástico durante la producción de brócoli, mostró resultados satisfactorios para el control de malezas e incremento de rendimiento y por lo contrario la adición de la resina de gobernadora no presentó un efecto sinérgico para el control de malezas y nemátodos.

SUMMARY

Biofumigation with Solarization and *Larrea tridentata* Resin Extracts: A Technological Alternative for Weeds and Nematodes Control in a Broccoli Crop (*Brassica oleracea* var: *italica* group)

By:

JORGE DE ANDA VILLARREAL

DEGREE OF AGRONOMY ON AGRICULTURAL
PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. FEBRUARY 2003

M.C. Coronado Leza Arturo	-Main adviser
Ph. D. Lira Saldívar R. Hugo	-Thesis director
M.C. García Camargo Jesús	-Co-adviser

Keywords: Broccoli, Biophysical control, Solarization, *Larrea tridentata* resin, Weeds and nematodes control.

Incorporating the technological concept of biofumigation for weeds and nematodes control it was carried out a research work in Saltillo, Coahuila, Mexico. The trial was located at the experimental station of the Research Center for Applied Chemistry (CIQA) located in the geographical coordinates of 25°27' north latitude, 101°02' longitude west of Greenwich meridian at an altitude of 1619 masl during the season autumn-winter 2001/2002. The work was focused to evaluate and to explore the interaction of the effect of three periods of solarization (control and 80, 40, 0 days) plus the addition of creosote bush (*Larrea tridentata*) resin to the soil at the rate of 40, 20, 0 kg/ha, with the purpose of creating favorable conditions for the degradation and liberation of volatile toxics compounds for control of weeds and nematodes in the experimental area.

Solarization was performed with transparent polyethylene film (35 microns thick) during the autumn-winter season. Throughout the period of solarization and under the environmental conditions of the regions, the maximum temperature reached was 50.1°C at a depth of 1.5 cm on September 18, 2001 at 15:00 hours in the solarized plots; and the

minimum of 18.7°C at 15 cm of depth was detected on October 29 in the non solarized plots.

The results show that in spite of the incorporation of creosote bush (*Larrea tridentata*) resin, did not have an additional lethal effect for weeds control like nematodes. For that reason, soil samplings were carried out at the end of the solarization period, during the growth season and at the harvest time of the broccoli crop, to determine the susceptibility of the diverse weed species, as well as the plant parasite nematodes, due to the fact that solarization induce rupture of latency in seeds as a consequence of sublethal temperatures, that in turn cause higher weeds presence in the solarized soil, however this is not true for non solarized soil.

It was observed that in solarized plots, the bank of seeds was depleted drastically causing a significant reduction of weeds at the critical time for control in the broccoli crop and with absence of them during the harvest; being in inverse form for the non solarized plots.

In the other hand, in spite that nematodes populations were detected in low densities, it was observed a slight tendency to find a bigger population of nematodes with the longer periods of solarization, although the temperatures generated in the experiment were in the sublethal ranges.

According with the results obtained related the effect of creosote bush (*Larrea tridentata*) resin on weeds, the results showed a very clear tendency of more dry biomass production with the high resin doses (40 kg/ha). The laboratory evaluation of broccoli seeds demonstrated this effect markedly, being observed that in the 125-1000 ppm range of resin present, it was detected a bigger foliage growth that radicular, in comparison with the control and with the higher dose (8000 ppm) evaluated.

In relation with the effect on the nematodes in the field trial, creosote bush resin does not reported clear effects due to the populations drop that were observed, however in the bioassay carried out in the laboratory, it was appreciated a immobility effect that resulted highly significant; apparently that response was a nematicidal effect at the dose of 4000 ppm, that resulted statistically similar to the commercial nematicide evaluated.

The solarization effect was reflected clearly and with highly significant differences in weeds control, as well as in the crop yield, since broccoli production increased 25% on

average in comparison with the non solarized plots; not presenting effects so clear for the factor creosote bush resin.

With the results before mentioned, the clear plastic used for solarization and also used for mulching the soil during the broccoli season, it produced satisfactory results for weeds control and for increasing the crop yield; however, the addition of creosote bush resin not necessarily had and synergic effect for weeds and nematodes control.

INDICE DE CONTENIDO

	Página.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE APENDICE.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS.....	3
OBJETIVOS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.1. Generalidades sobre el cultivo de Brócoli.....	4
1.1.1. Características fitoquímicas del brócoli y las brassicáceas.....	4
1.2. Situación actual del Brócoli en México.....	5
1.3. Importancia de las plagas.....	6
1.3.1. Malezas.....	6
1.3.2. Nemátodos.....	7
1.4. Antecedentes del uso de la Biofumigación.....	8
1.5. Principios de la solarización.....	9
1.6. Efectos de la solarización.....	11
1.6.1. En la temperatura del suelo.....	11
1.6.2. En las características físicas y químicas del suelo.....	13
1.6.3. En el incremento de organismos benéficos del suelo.....	13
1.6.4. En el crecimiento de las plantas.....	14
1.6.5. En el control de malezas.....	14
1.6.6. En los nemátodos fitoparásitos.....	20
1.6.6.1. En el control de <i>Meloidogyne</i> spp.....	20
1.6.6.2. En el control de <i>Ditylenchus dipsaci</i>	22
1.6.6.3. En el control de <i>Helicotylenchus</i> spp. y otros géneros.....	22

1.6.6.4. En el control de <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. pallida</i>	23
1.7. Uso de extractos vegetales para el control de fitopatógenos.....	23
1.7.1. Descripción de la gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>).....	24
1.7.1.1. Efectos alelopáticos de la resina de <i>Larrea tridentata</i>	25
1.7.1.2. Efectos fungicidas y bactericidas de la resina de <i>L. tridentata</i>	25
1.7.1.3. Efecto nematicida de la resina de <i>Larrea tridentata</i>	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
2.1. Localización y características del sitio experimental.....	27
2.1.1. Localización.....	27
2.1.2. Clima.....	27
2.1.3. Suelo.....	27
2.1.4. Agua.....	28
2.2. Características del experimento.....	28
2.2.1. Diseño experimental.....	28
2.2.2. Variables evaluadas.....	29
2.2.3. Análisis estadístico.....	29
2.3. Obtención de la resina de Gobernadora.....	30
2.3.1. Colecta de Follaje.....	30
2.3.2. Secado de material vegetativo.....	30
2.3.3. Cribado de hojas secas.....	30
2.3.4. Extracción por el método de inmersión en etanol.....	30
2.3.5. Evaporación del solvente.....	31
2.3.6. Secado y molienda de la resina.....	31
2.4. Establecimiento de la parcela experimental.....	31
2.4.1. Preparación del terreno.....	31
2.4.2. Trazo del área experimental.....	31
2.4.3. Incorporación de la resina de gobernadora.....	32
2.4.4. Instalación del sistema de riego.....	32
2.4.5. Colocación del acolchado plástico transparente para solarizar.....	32
2.5. Monitoreo de la temperatura del suelo.....	33
2.6. Muestreo y determinación del banco de semillas de malezas del suelo.....	33
2.7. Bioensayo con semillas de brócoli y extracto de gobernadora.....	33

2.8. Muestreo y colecta de las malezas presentes.....	34
2.8.1. Identificación de especies.....	34
2.8.2. Densidad poblacional.....	35
2.8.3. Biomasa seca por tratamiento.....	35
2.9. Muestreo de suelo y densidad poblacional de nemátodos.....	35
2.10. Procesado y análisis de muestras de suelo.....	35
2.10.1. Extracción de nemátodos filiformes.....	36
2.10.2. Técnica de montaje semipermanente para nemátodos filiformes....	36
2.10.3. Identificación taxonómica de nemátodos.....	37
2.11. Bioensayo con nemátodos y extracto de gobernadora.....	38
2.12. Prácticas agronómicas de manejo del cultivo de brócoli.....	38
2.12.1. Producción de plántulas en invernadero.....	38
2.12.2. Acolchado con polietileno transparente.....	39
2.12.3. Transplante.....	39
2.12.4. Riego y Fertilización.....	39
2.12.5. Control de plagas.....	40
2.12.6. Cosecha.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1. Efecto de la solarización en la temperatura del suelo.....	41
3.2. Diversidad y dominancia de especies de malezas.....	43
3.3. Efecto de la resina de gobernadora en semillas de brócoli.....	45
3.4. Efecto de la solarización y resina de gobernadora en la densidad de malezas.	47
3.5. Efectos en la biomasa seca.....	57
3.6. Diversidad de especies de nemátodos presentes en el área experimental.....	63
3.7. Densidad de nemátodos antes de la solarización.....	63
3.8. Efecto de la solarización y resina de gob. en la densidad de nemátodos.....	64
3.9. Efecto de la resina de gobernadora en los nemátodos.....	68
3.10. Efecto de la solarización y resina de gob. en el rendimiento de brócoli.....	70
CONCLUSIONES.....	73
LITERATURA CITADA.....	74
APÉNDICE.....	81

INDICE DE CUADROS

	Pagina.
Cuadro 1. Susceptibilidad de diferentes especies de malezas a solarización del suelo.....	15
Cuadro 2. Tratamientos de evaluación en el experimento.....	29
Cuadro 3. Tamaño del lote experimental y marcos de plantación.....	32
Cuadro 4. Semillas de especies de malezas encontradas en el muestreo de suelo antes de la solarización y aplicación de resina de gobernadora.....	44
Cuadro 5. Comparación de medias para el porcentaje de germinación, longitud de radícula y plúmula en semillas de brócoli con extracto de gobernado.....	45
Cuadro 6. Comparación de medias de malezas totales (plantas/m ²) después de los tratamientos de solarización.....	48
Cuadro 7. Comparación de medias de malezas totales (plantas/m ²) de 4 muestreos durante el desarrollo del cultivo, después de la solarización.....	50
Cuadro 8. Comparación de medias de malezas totales (plantas/m ²) después de la solarización y durante la cosecha.....	52
Cuadro 9. Comparación de medias de la densidad de <i>Portulaca oleracea</i> (plantas/m ²) al primer muestreo y después de la solarización.....	55
Cuadro 10. Comparación de medias de la densidad de <i>Portulaca oleracea</i> (plantas /m ²) después de la solarización y durante el desarrollo del cultivo.....	56
Cuadro 11. Comparación de medias de la biomasa seca de malezas (g/m ²) al término de la solarización.....	58
Cuadro 12. Comparación de medias de la biomasa seca de malezas (g/m ²) al término de la solarización y durante el desarrollo del cultivo.....	59
Cuadro 13. Comparación de medias de la biomasa seca de malezas (g/m ²) después de la solarización y durante la cosecha del brócoli.....	60
Cuadro 14. Densidad de población de nemátodos antes de iniciar la solarización y aplicación de gobernadora.....	64
Cuadro 15. Comparación de medias de nemátodos/100g de suelo al finalizar la solarización.....	65
Cuadro 16. Comparación de medias de nemátodos/100g de suelo durante el desarrollo del cultivo de brócoli.....	66

Cuadro 17. Comparación de medias de nemátodos/100g de suelo durante la cosecha del cultivo de brócoli.....	67
Cuadro 18. Comparación de medias para numero de nemátodos inmovilizados por efecto nematicida y nematostático a diferentes dosis de resina de gobernadora.....	69
Cuadro 19. Rendimiento (t/ha) del cultivo de brócoli por efecto de la solarización y resina de gobernadora.....	71

INDICE DE FIGURAS

Página.

Figura 1. Comportamiento de la temperatura del aire y suelo a diferentes profundidades; con y sin plástico, durante el periodo de solarización.....	41
Figura 2. Temperatura del aire y suelo a diferentes profundidades con y sin plástico en el día más caliente del periodo de solarización.....	42
Figura 3. Porcentaje de germinación de semillas de brócoli con extractos de gobernadora.....	46
Figura 4. Longitud de radícula y plúmula de semillas de brócoli con extractos de gobernadora.....	47
Figura 5. Densidad poblacional de malezas totales (plantas/m ²) al primer muestreo y al final de la solarización.....	49
Figura 6. Densidad poblacional de malezas totales (plantas/m ²) de 4 muestreos durante el desarrollo del cultivo después de la solarización.....	51
Figura 7. Densidad poblacional de malezas totales (plantas/m ²) después del periodo de solarización y durante la cosecha del cultivo de brócoli.....	53
Figura 8. Densidad de población total de malezas/m ² , al inicio y final de la solarización, durante el desarrollo del cultivo y a la cosecha.....	54
Figura 9. Densidad de población de <i>Potulaca oleracea</i> (plantas/m ²) al final de la solarización y durante el desarrollo del cultivo.....	57
Figura 10. Biomasa seca acumulada de malezas (g/m ²) por efecto de la solarización, y durante el tiempo de evaluación.....	61
Figura 11. Biomasa seca acumulada de malezas (g/m ²) por efecto de la resina de gobernadora, y durante el tiempo de evaluación.....	62
Figura 12. Fluctuación poblacional de nemátodos por efecto de la solarización.....	68
Figura 13. Actividad nematicida y nematostática de la resina de gobernadora.....	70
Figura 14. Rendimiento de brócoli en función de la interacción solarización y resina de gobernadora.....	72

INDICE DE APENDICE

Página.

Cuadro A-1. Relación de precios promedio de venta de brócoli en diversos mercados terminales de E.U.A. durante el periodo de cosecha.....	81
Cuadro A-2. Relación de precios promedio de venta de brócoli en diversas centrales de abasto de México durante el periodo de cosecha.....	81
Cuadro A-3. Relación del incremento de utilidades por uso de acolchado plástico para solarizar, durante la cosecha de brócoli en febrero 2002.....	82
Cuadro A-4. Cantidad de semillas producidas por algunas malezas.....	82
Cuadro A-5. Géneros y nombres comunes de nemátodos fitoparásitos.....	83
Cuadro A-6. Pérdidas estimadas a nivel mundial del rendimiento anual en diversos cultivos a causa de los nemátodos.....	84
Cuadro A-7. Comparación de medias de materia seca a lo 54 d.d.t. de componentes de las plantas de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	86
Cuadro A-8. Comparación de medias de materia seca a los 69 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	87
Cuadro A-9. Comparación de medias de materia seca a los 84 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	87
Cuadro A-10. Comparación de medias de materia seca del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	88
Cuadro A-11. Comparación de medias del índice de área foliar del cultivo de brócoli sometidos a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	88
Cuadro A-12. Comparación de medias del área foliar del cultivo de brócoli sometido a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	89

Cuadro A-13. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 54 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	89
Cuadro A-14. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 69 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	90
Cuadro A-15. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 84 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	90
Cuadro A-16. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 99 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	91
Cuadro A-17. Comparación de medias para tasa de crecimiento relativo de los 69-84 d.d.t.en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y de resina de gobernadora.....	91
Cuadro A-18. Comparación de medias para tasa de crecimiento relativo de los 84-99 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y de resina de gobernadora.....	92
Cuadro A-19. Comparación de medias para tasa de asimilación neta en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y de resina de gobernadora.....	92
Cuadro A-20. Comparación de medias para relación de área foliar en el cultivo de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	93
Cuadro A-21. Comparación de medias para relación de peso foliar para el cultivo de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....	93

INTRODUCCION

La seguridad alimentaria ha representado históricamente y será por generaciones futuras, una de las prioridades de la humanidad. Sin embargo, y a partir de la tan pregonada Revolución Verde, la biodiversidad del planeta ha sido expuesta a una gradual destrucción sin precedentes a partir del uso de los agroquímicos y particularmente de los pesticidas (Crespo, 2001).

Los impactos ambientales de los pesticidas y las implicaciones sociales de la tecnología agrícola no han podido conceptualizar una ética ambiental coherente, aplicable a los problemas agrícolas en la producción de hortalizas; como la resistencia genética, contaminación, degradación del suelo, etc.; por tal razón, es evidente la búsqueda de otras alternativas que involucren el uso restringido de pesticidas, en favor de métodos más amigables con el medio ambiente, a través de principios físicos, biológicos o químicos; derivados de productos orgánicos vegetales; los cuales parecen ser los métodos más alentados en el futuro para el control de plagas (Cross *et.al.*,1994; DeVay,1995) como malezas y nemátodos; y que presentan el gran desafío de revolucionar la agricultura intensiva ante la globalización de mercados internacionales.

Una de estas alternativas es el uso de plásticos en la agricultura, que se inició en los Estados Unidos hace casi 40 años y que en la actualidad presenta una amplia gama de aplicaciones, dentro de las cuales se encuentra la solarización; que consiste en un calentamiento hidro-térmico del suelo, con el objetivo de incrementar la temperatura de éste a niveles letales para los microorganismos fitopatógenos, además de eliminar semillas de malezas, nematodos, algunas bacterias, y de mejorar las características físicas y químicas del suelo.(Chellemi y Olson, 1994).

Conocimientos actuales sobre la extracción y el empleo de sustancias vegetales, abren también un amplio campo de posibilidades en defensa contra las plagas, minimizando el riesgo de degradación del entorno natural. Tal es el caso de la planta conocida como Gobernadora (*Larrea tridentata*), especie que habita en las regiones áridas del norte de México, originaria del Desierto Chihuahuense (Campos, 1982) cuya característica fitoquímica es que produce una gran cantidad de resina que se acumula en sus hojas, ramas y tallos, la cual constituye hasta más del 26% del peso seco de hojas jóvenes y el 10% de hojas maduras (Cruz, 2002) y su composición fenólica principal es el

ácido nordihidroguaiarético (Timmermann, 1979), al cual se le atribuyen propiedades como fungicida (Fernández *et. al.*, 1979; Lira *et al.*, 2002; Guzmán, 2002), nematocida (Huerta, 1986) y bacteriostática (Velásquez, 1983).

La interacción que presenta el proceso de solarización y la incorporación de extractos vegetales se denomina desinfección biofísica o biofumigación, debido a la aceleración del proceso de descomposición de la materia orgánica y la liberación de compuestos volátiles tóxicos que afectan a plagas, como resultado de los extractos vegetales con temperaturas letales superiores. (Stapleton, 2000).

Por otro lado, se ha demostrado que en la actualidad el cultivo de brócoli como una hortaliza, representa una gran alternativa para la obtención de utilidades significativas en el sector productivo, siendo una de las que demuestran altos rendimientos y excelente calidad comercial, lo que ha llevado a la exportación de ésta a los grandes mercados; impactando en el aspecto social, empresarial y agrícola. Estadísticamente y con claridad se demuestra que el brócoli es una de las hortalizas de mayor rentabilidad, generando un 70-100% de rendimiento sobre los costos de producción. Actualmente en México, el brócoli es considerado como una de las Brassicas más importantes, ya que alcanza producciones por arriba de las 55 mil toneladas, de las cuales se exporta el 90%. (Valadez, 2001).

Sin embargo, en el sistema de producción del cultivo de brócoli se encuentra una gran diversidad de limitantes, destacando entre ellas las plagas del suelo, como las malezas y nemátodos, las cuales tienen el gran potencial de reducir drásticamente y en gran escala la producción y calidad y, por lo tanto, limitar el flujo de la hortaliza por acciones regulatorias propuestas en los mercados extranjeros, a través de Normas Fitosanitarias Oficiales emitidas en el mercado exterior.

Por lo tanto, la biofumigación como parte de un manejo integrado de plagas en el cultivo de brócoli, representa una gran alternativa de bajo impacto ambiental, que propone una agricultura sostenible con una determinación tecnológica.

HIPOTESIS

El incremento de la temperatura en el suelo producido por el proceso de solarización a través del acolchado plástico transparente, y la incorporación de resina de gobernadora (*L. tridentata*) al suelo, producirá un efecto potenciador letal, que reducirá la densidad poblacional de malezas y nemátodos fitopatógenos del suelo, promoviendo de esta manera un efecto de biofumigación.

Con base en esta hipótesis se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- Evaluar y analizar el efecto de la solarización a través del comportamiento de la temperatura en el perfil de suelo en el ciclo otoño-invierno.
- Determinar si el efecto de la solarización influye directamente sobre la inhibición de germinación, diversidad de especies y biomasa producida por malezas anuales y perennes encontradas en los tratamientos a evaluar.
- Generar información de campo del posible efecto alelopático o herbicida del extracto etanólico hidrosoluble de la resina de gobernadora (*L. tridentata*) sobre el banco de semillas y el posible efecto nematicida en relación a las dosis de aplicación en campo y dosis a evaluar en laboratorio.
- Evaluar el efecto sinérgico del proceso de solarización y el extracto de gobernadora (*L. tridentata*) sobre las poblaciones de malezas y nemátodos presentes, en relación al rendimiento del cultivo de brócoli.

REVISION DE LITERATURA

1.1. Generalidades sobre el cultivo de brócoli

El brócoli es originario de la región del mediterráneo y ya era cultivado en la época de la antigua Roma, habiendo sido introducido en Inglaterra alrededor del año 1720. A diferencia de la coliflor, este cultivo es bastante nuevo en el continente americano empezándose a cultivar comercialmente en California, E. U. Sin embargo, empezó a tener una importancia relativa hasta después de la segunda guerra mundial.

Actualmente los E. U. es el mayor productor de brócoli del mundo y gran parte de su producción se vende como producto fresco; sin embargo, también se produce a gran escala en Italia, el norte de Europa y en el Lejano Oriente.

La importancia del cultivo de brócoli radica primordialmente en el área cultivada, captación de divisas, así como por su alta redituabilidad, rendimiento por superficie y por la gran demanda de mano de obra que genera. Este cultivo de la familia de las crucíferas es una hortaliza que se adapta muy bien para operaciones de pequeña escala y para ranchos agrícolas que no sean altamente tecnificados, ya que la inversión puede ser relativamente baja y el equipo agrícola empleado no es especializado, por lo que puede usarse para otros propósitos. (Rodman *et al.*, 1998).

1.1.1. Características fitoquímicas del brócoli y las brassicaceas

Una de las características de las Brassicaceas y específicamente de las plantas de brócoli es que contienen en su tejido, productos resultantes de la fotosíntesis llamados Glucosinolatos, los cuales son una clase de metabolitos secundarios de las plantas dicotiledóneas (Rodman *et al.*, 1998). Los glucosinolatos se caracterizan por tener una cadena lateral (R) y un azufre ligado a una molécula D-glucopiranososa.

Rosa y Rodríguez (2001), mencionan que mas de cien glucosinolatos han sido aislados de varias plantas y ellos se caracterizan principalmente por el grupo radical R, el cual puede ser aromático, indólico o alifático. Los glucosinolatos pueden ser hidrolizados enzimáticamente por la enzima Myrocinasa, lo que produce una variedad de productos biológicamente activos, incluyendo los isotiocianatos, tiocianatos y nitrilos.

La naturaleza de los glucosinolatos presentes originalmente en las plantas y las condiciones de la hidrólisis enzimática determina el tipo de compuestos producidos y su actividad biológica. Varios estudios han evaluado la composición de los glucosinolatos en un amplio rango de las brassicáceas cultivadas, habiéndose determinado que el contenido total e individual de glucosinolatos varía entre especies y partes de la planta (Rosa *et al.*, 1997).

Entre las brassicáceas cultivadas, el brócoli atrajo la atención después de que se descubrió que contiene altos niveles de isotiocianatos azufrados y de otros glucosinolatos que tienen propiedades anticancerígenas. Basado en los efectos benéficos que tiene el cultivo de brócoli, recientemente se le ha venido dando mucha atención como un alimento con propiedades medicinales muy importantes, por lo que se ha venido recomendando ampliamente para incorporarlo más a la dieta de los humanos. Por otro lado, desde el punto de vista de uso agrícola, la incorporación de los residuos de brócoli al suelo se ha estado realizando para promover el concepto de biofumigación, para una agricultura sustentable (Elmore *et al.*, 1997).

1.2. Situación actual del brócoli en México

El 1996 en México, la superficie sembrada fue de 1139 ha, siendo Guanajuato, Michoacán, Zacatecas, Jalisco y Aguascalientes los principales estados productores de brócoli. Guanajuato es el principal estado contribuyente de esta hortaliza con casi el 78% del total de la producción nacional. (Productores de Hortalizas, 1998).

Con el aumento en la superficie sembrada con este cultivo, se han venido haciendo mas patentes los problemas por plagas y enfermedades, que reducen de manera drástica los rendimientos e incrementan los costos de producción. Como resultado de ello, las empacadoras han visto reducir sus exportaciones en más de 20 mil toneladas y ahora se buscan nuevas estrategias para la prevención y control de insectos y enfermedades que dañan fuertemente a esta hortaliza.

De acuerdo con datos obtenidos en El Bajío, los costos de producción se sitúan entre 21 y 23 mil pesos por hectárea, con rendimientos que van de 8 a 10 t/ha, sin embargo, en algunas explotaciones se ha podido incrementar el rendimiento hasta en 14 t/ha, con lo que se tiene una utilidad aceptable (Productores de Hortalizas, 2002).

1.3. Importancia de las plagas

La evolución natural de los sistemas de producción agrícola intensiva de hortalizas ha derivado en los últimos años hacia métodos de control de plagas y enfermedades más racionales y respetuosos con el medio ambiente. La especial problemática de los cultivos hortícolas protegidos es la incidencia de plagas y enfermedades, densidad de parcelas de producción, problemas de residuos fitosanitarios, etc. La rápida evolución y dinamismo, así como las exigencias de los mercados, ha hecho necesario un esfuerzo para adecuar las técnicas de producción a nuevas tendencias, con el empleo de nuevas técnicas agronómicas y de control de plagas y enfermedades. Estas nuevas técnicas han derivado hacia el concepto y desarrollo de la producción integrada y su implantación en la zona para los principales cultivos hortícolas bajo protección a nivel mundial (Belda y Lastres, 2002).

A nivel mundial, las plagas causan daño entre 40-48% en la producción de alimentos. En el campo, los daños alcanzan un promedio de 33-35% de la producción potencial y las pérdidas en postcosecha son del orden de 10-20%. Los insectos, al igual que los ácaros, nemátodos, moluscos, malezas, pájaros, roedores y otros organismos contribuyen a este daño (OIRSA ,1999).

1.3.1. Malezas

Las malas hierbas son consideradas plantas indeseables por competir con las cultivadas que el hombre utiliza para producción de alimentos. Estas plantas nocivas para las actividades del hombre poseen características especiales para desarrollarse en medios poco favorables como la latencia de sus semillas, abundante producción de estructuras reproductivas y una gran habilidad para competir por nutrientes, agua, luz y espacio. La importancia de las malezas se deriva de los daños que ocasiona en las actividades agrícolas y pecuarias como: reducción de la productividad agropecuaria al provocar pérdidas en la producción, menor eficiencia al realizar prácticas mecánicas, reducción de calidad, fuente de albergues de insectos y patógenos, originan problemas en el uso y manejo del agua y aumentan los costos de producción. Se considera que solo en

la producción agrícola las malas hierbas producen mayores pérdidas económicas que las reportadas por otras plagas (Posos, 2001).

1.3.2. Nemátodos

Los nemátodos son los más abundantes animales multicelulares de la tierra. Ellos forman un grande y diverso grupo de lombrices microscópicas redondas, no segmentadas y se encuentran virtualmente en todas partes. Se considera que solamente cerca del 10% de todas las especies de nemátodos descritos son parásitos de plantas. Diferentes especies de nemátodos parásitos de las plantas pueden habitar e infectar la mayoría de las partes vivientes de las plantas, incluyendo flores, yemas, hojas, tallos y raíces (Malculm, 2000).

Aproximadamente 0.5 kg de suelo en un campo cultivado fértil con un cultivo de amplia cobertera, generalmente contiene de 10 a 20 especies que pertenecen a diversos géneros, incluyendo ecto y endoparásitos, depredadores y saprofitos. Su importancia a nivel mundial como agentes causales de enfermedades de un rango amplio de especies de plantas de gran impacto económico, fue reconocido hasta mediados de los años 1940. El daño causado por los nemátodos en los cultivos anuales se relaciona con la densidad de población de los mismos en el suelo al momento de la siembra. La situación de alguna manera es diferente en los cultivos perennes, ya que el daño de unos pocos nemátodos generalmente no tienen consecuencias pero pueden ocasionar problemas serios en cultivos futuros. Una población elevada en el suelo, puede reducir el rendimiento o el valor estético del hospedero o bien puede ocasionarle la muerte.

El daño causado por los nemátodos es un importante factor que limita el rendimiento de los cultivos en la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales del mundo, pero muchas veces este problema es ignorado. A nivel mundial las pérdidas causadas por los nemátodos en cultivos consumidos por los humanos es estimado entre el 11 y 14%, lo que significa un total de casi 80 billones de dólares, según Malculm *et al.* (2000).

1.4. Antecedentes del uso de la Biofumigación

La producción de hortalizas en los sistemas agrícolas intensivos ha tenido una dependencia muy fuerte de fumigantes químicos inorgánicos para la prevención y control de patógenos del follaje y del suelo con todos los problemas alternos que ello implica, sin embargo, actualmente se están dando cambios en esas prácticas en todas las áreas más tecnificadas del mundo; la razón principal de éstos cambios han sido las acciones regulatorias internacionales que han estado eliminando y poniendo fuera del mercado a los pesticidas que han mostrado ser dañinos y peligrosos para la salud pública y los ecosistemas (Bertolino, 1999).

Un caso muy significativo de esto lo constituye el bromuro de metilo (BM), el cual es un biocida que destaca por su amplio espectro de acción frente a los patógenos de los vegetales, así como su alta efectividad en cuanto a penetración y difusión en el suelo. Sin embargo, el BM no se retiene en su totalidad en el suelo, sino que del 50 al 95% pasa en forma de emisiones gaseosas a la estratosfera, donde se liberan átomos de bromo que reaccionan con el ozono y otras moléculas estables que contienen cloro, dando lugar a una reacción en cadena que contribuye a la disminución de la capa de ozono, incrementando la emisión de rayos ultravioletas con los consecuentes riesgos para la salud y el medio ambiente.

Por tal motivo y con base a los acuerdos del protocolo de Montreal, el BM será eliminado del mercado mundial para el año 2010 (O'Neill, 1997); con esto, los investigadores y técnicos se están enfrentando a uno de los mayores retos en los últimos años, el de encontrar alternativas al BM para controlar plagas y enfermedades en las plantas. La alternativa que se proponga debe tener eficacia como el BM, no impactar sobre el medio ambiente, ser económica y socialmente viable. Una de éstas alternativas es la biofumigación o desinfección biofísica, que es un concepto tecnológico que conjunta los procesos de solarización y el efecto sinérgico de la incorporación de estiércol, extractos vegetales o residuos de cosecha, los cuales mejoran la acción de las temperaturas alcanzadas durante la solarización; y consiste prácticamente en el uso de gases y otros productos resultantes de la biodegradación de las enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales como fumigantes para el control de los patógenos y malas hierbas de los cultivos. Es decir, esta técnica se basa en el mismo principio que los

fumigantes convencionales, con la única diferencia de que los gases obtenidos resultan de la biodescomposición de la materia orgánica. Algunos de estos gases liberados pueden ser aldehidos, sulfitos, alcoholes e isotiocianatos y no se conocen efectos negativos sobre el ambiente y la salud. El uso de esta técnica necesariamente involucra el uso e incorporación de materia orgánica; principalmente residuos de especies de la familia de las brassicáceas y con gallinaza; así como el calentamiento de ésta a través de la solarización (Bello, 1998; Stapleton, 2000).

1.5. Principios de la solarización

El término solarización es utilizado para describir el calentamiento hidrotérmico del suelo, que es el resultado de cubrir el suelo, previamente húmedo, con una película de polietileno transparente. La solarización es un proceso que involucra cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo humedecido durante y después del acolchado plástico. (Katan y DeVay, 1991). En la solarización, el suelo es acolchado en los meses más calientes del año en un intento para incrementar la temperatura máxima a niveles letales para los microorganismos y malezas presentes en el suelo (Elmore *et al.*, 1997). Éste proceso ha sido descrito como muy efectivo para el control de diferentes especies de hongos, nemátodos y semillas de malezas en el suelo (Katan *et al.* 1976; Pullman *et al.*, 1981; Ristaino *et al.*, 1991).

La solarización es un método no químico, el cual utiliza la radiación solar que se captura bajo el acolchado plástico transparente para desinfectar el suelo. La técnica consiste en cubrir el suelo con plástico transparente para elevar la temperatura del mismo a niveles que resulten letales para los microorganismos del suelo. Existen algunos factores que son necesarios considerar para asegurar el éxito de la técnica, entre estos se encuentran las características del plástico, el cual debe ser transparente para que permita el paso de los rayos solares y lo más delgado posible para que sea mayor la radiación que se transmite al suelo y por lo tanto, mayor la temperatura alcanzada. El suelo debe de contar con humedad aproximada a capacidad de campo, lo cual favorece la conducción del calor al estar ocupados los poros por agua. Al mismo tiempo que ésta favorece la hidratación de las estructuras de los patógenos, lo que los hace más susceptibles al calor.

El tratamiento de solarización debe aplicarse en los meses más calientes del año, cuando la longitud del día sea mayor y en la época donde exista menor cantidad de días nublados, en ausencia de cultivos y durante periodos mayores a cuatro semanas (Grinstein y Ausher, 1991).

Los principios de la solarización de suelos, descritas por Katan y DeVay en 1991 son:

- La solarización calienta el suelo a través de ciclos diarios de altas temperaturas. La solarización calienta el suelo durante las horas de mayor radiación solar, a mayor profundidad de suelo la temperatura máxima se reduce, es alcanzada más tarde durante el día, y mantenida por periodos de tiempo más largos.
- Una buena preparación de la tierra antes de sembrar o transplantar es esencial para la solarización. Después de retirar el plástico transparente y una vez que término el periodo de solarización, debe de evitarse disturbar el suelo lo más posible para evitar la recontaminación.
- El suelo se cubre con polietileno transparente u otro material plástico. Cualquier material que sea económico, fácil de manejar y que, permita el calentamiento efectivo del suelo bajo condiciones naturales de campo es efectivo.
- La mejor época para cubrir el suelo es cuando las condiciones climáticas son favorables para tal efecto, y se tiene gran ayuda con datos meteorológicos de años anteriores y modelos predictivos.
- Al extender el periodo de solarización se logra un mejor control de los patógenos en las capas más profundas del suelo.
- Una humedad del suelo adecuada durante la solarización es necesaria para incrementar la sensibilidad térmica de los organismos que se desean controlar, también mejora la conducción de calor en el suelo y permite la actividad biológica durante la solarización. El suelo bajo el acolchado plástico debe estar saturado o al menos a un 70% de la capacidad de campo en las capas superiores y debe estar humedecido hasta una profundidad de 60 cm para que la solarización sea más efectiva. (Elmore *et al.*, 1997).
- Las temperaturas que se obtienen con la solarización son mucho más bajas que las logradas cuando se usa vapor; sin embargo no se obtienen los efectos negativos al calentarse el suelo con vapor. Katan (1991) menciona que el rango de temperaturas varía entre subletales a 37°C y letales de igual o mayor a los 60°C.

- Prolongar el periodo de solarización generalmente permite un mayor control de patógenos en capas de suelos más profundas. Resultados satisfactorios en diversas regiones del mundo, con diferentes patógenos, han sido obtenidos usualmente en el rango de 20 a 60 días de solarización.
- Frecuentemente el efecto de la solarización se aprecia a largo plazo en el control de enfermedades y en el incremento en rendimiento, puesto que se ha observado el beneficio de esta práctica todavía en el segundo y aun después de cuatro ciclos de cultivos.

La solarización causa cambios químicos, físicos y biológicos en el suelo, lo cual afecta el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, durante el periodo de solarización es recomendable ir cambiando ciertas prácticas de manejo agronómico como fertilización para evitar un exceso de nutrientes, fecha de siembra y densidad del cultivo (Katan y DeVay, 1991).

1.6. Efectos de la solarización

1.6.1. En la temperatura del suelo

La temperatura del suelo es uno de los principales factores que se ven modificados por la acción directa de la solarización. En el calentamiento del suelo influye además de la intensidad de la radiación solar, algunos otros factores como la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y características del suelo (color, textura, estructura, materia orgánica y humedad). La película de plástico transparente permite que la mayor parte de la radiación cruce la película para incrementar la temperatura del suelo, permitiendo que solo una parte de la radiación sea reflejada. Por la noche las fluctuaciones de temperatura a nivel del suelo son mayores debido a que el polietileno transparente permite que haya una radiación desde el suelo hacia la atmósfera (Katan y DeVay, 1991).

Diversos autores han reportado que la capa superior del suelo alcanza las máximas temperaturas, y a medida que se incrementa la profundidad, las temperaturas disminuyen. La temperatura máxima la alcanza el suelo durante el día y se mantiene por un largo tiempo. La capa superior del suelo es la que está más propensa a los cambios de

temperatura, ya que al medio día es la que alcanza la máxima temperatura y por la mañana es la parte mas fría del suelo. Conforme avanzan las horas del día la temperatura se transmite de manera gradual hacia el interior; de manera que cuando empieza a disminuir la temperatura de la superficie del suelo (alrededor de las 16:00 horas), la temperatura interior va en aumento y se conserva durante más tiempo (Elmore *et al.*, 1997).

En un estudio realizado por Pullman *et al.* (1981) reportan que la temperatura registrada en los suelos solarizados con plástico de bajo espesor (25u) a 5 cm de profundidad durante la hora más caliente del día fue de 60°C, siendo 14°C más alta que el testigo, mientras que un suelo solarizado con plástico de mayor espesor (100u) registró 57°C a la misma profundidad; o sea 11°C más que en el testigo sin acolchado plástico. Estos mismos autores encontraron que a 15 cm de profundidad las temperaturas fueron menores que a 5cm, alcanzando los 50°C en el suelo con plástico de menor espesor, mientras que el suelo cubierto con plástico grueso alcanzó solamente 48°C.

El trabajo realizado por Alexander (1990), reporta que durante el periodo de solarización las temperaturas más altas alcanzadas fueron 55, 51, 47 y 43°C a 13, 38, 63 y 88 mm de profundidad, respectivamente. En los tratamientos solarizados la temperatura del suelo a 13 mm de profundidad fue superior a los 35°C en 48 días de los 58 días que duró el periodo de solarización. A esta misma profundidad, la temperatura antes mencionada solo fue alcanzada durante 6 días en las parcelas testigo.

El estudio de Yucel *et al.* (2000), sobre solarización mencionan que la temperatura máxima del suelo fue 43.2 y 37.4°C a 10 y 20 cm de profundidad, respectivamente, lo cual permitió tener un control de la pudrición de la raíz en el cultivo de pepino, bajo condiciones de invernadero en una región del mediterráneo de Turquía.

El control de los fitopatógenos del suelo generalmente es mejor a la profundidad de 10 a 30 cm. Temperaturas de suelo más altas, y un mayor calentamiento en los estratos inferiores puede ser alcanzado dentro de los invernaderos o usando una doble capa de película plástica. La solarización de suelos en los invernaderos puede alcanzar los 60°C a una profundidad de 10 cm y 53°C a 20 cm. Suelos solarizados con plástico negro en viveros bajo una capa sencilla o doble de plástico puede rebasar en algunos casos los 70°C (Elmore *et al.*, 1997).

1.6.2. En las características físicas y químicas del suelo

La solarización promueve cambios en las características físicas y químicas del suelo que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas. Acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo, lo que resulta en la liberación de nutrientes solubles como nitrógeno, (NO_3NH_4), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), y ácido fúlvico, haciéndolos más disponibles para las plantas. El mejoramiento en la estructura del suelo también se ha observado por la agregación del mismo (Elmore *et al.*, 1997).

1.6.3. En el incremento de organismos benéficos del suelo

Muchos organismos del suelo benéficos son capaces de sobrevivir a la solarización o recolonizar el suelo muy rápidamente. Microorganismos benéficos muy importantes son los hongos micorrízicos, hongos y bacterias que parasitan patógenos de plantas y que ayudan al crecimiento de las mismas. Las lombrices, por ejemplo, se cree que se refugian a mayores profundidades y escapan a los efectos del calentamiento del suelo.

Hongos benéficos, especialmente *Trichoderma*, *Talaromyces* y *Aspergillus spp.* sobreviven o se incrementan en suelos solarizados. Los hongos micorrízicos son más resistentes al calor que la mayoría de los hongos fitopatógenos; sus poblaciones pueden reducirse en el perfil superior del suelo, pero ciertos estudios han demostrado que esto no es suficiente para reducir su colonización de raíces hospederas en suelos solarizados (Elmore *et al.*, 1997).

Poblaciones de bacterias benéficas como *Bacillus spp* y *Pseudomonas spp.* son reducidas durante la solarización pero posteriormente recolonizan el suelo rápidamente. Poblaciones de *Rhizobium spp.*, el cual fija nitrógeno en los nódulos de las raíces de leguminosas, pueden ser grandemente reducidas por la solarización y pueden ser reintroducidos por la inoculación de semillas de leguminosas. Poblaciones del suelo de otras bacterias nitrificadoras también son reducidas con la solarización. Los niveles poblacionales de Actinomyceetos no son muy afectados por la solarización del suelo. Muchos miembros de este grupo se sabe que son antagonistas de hongos fitopatógenos (Elmore *et al.*, 1997).

1.6.4. En el crecimiento de las plantas

Las plantas generalmente crecen más rápido y producen mayores rendimientos y de más calidad cuando los cultivos crecen en suelos solarizados. Esto puede ser atribuido en parte, al control de enfermedades y malezas; pero incremento en el crecimiento de las plantas también es visto cuando el suelo que aparentemente está libre de enfermedades es solarizado. Un gran número de factores puede estar involucrado en este efecto. Primero, patógenos de poca importancia o desconocidos también pueden ser controlados. Segundo, el incremento en nutrientes solubles mejora el crecimiento de las plantas. Tercero, relativamente grandes poblaciones de microorganismos útiles en el suelo han sido encontrados después de la solarización, y algunos de esos, como ciertas *Pseudomonas* fluorescentes y *Bacillus* se sabe que son agentes de control biológico (Elmore *et al.*, 1997; Katan y DeVay, 1991).

1.6.5. En el control de malezas

La solarización es un proceso que ha probado ser efectivo para el control de malezas y que no provoca cambios en la dominancia de especies ecológicamente más agresivas. La solarización de suelos controla muchas malezas anuales y perennes. Mientras que algunas especies de malezas son muy sensibles a la solarización del suelo, otras son moderadamente resistentes y requieren condiciones óptimas (buena humedad del suelo, plástico bien colocado y pegado al suelo y una alta radiación) para su control. La solarización de suelos es especialmente eficaz para controlar malezas en cultivos sembrados en otoño como cebollas, ajo, zanahoria, brócoli y otras brassicáceas.

Aun y cuando las malezas anuales de verano son menos sensibles que las anuales de invierno, la mayoría de las anuales son relativamente fáciles de controlar con la solarización del suelo. El control de la verdolaga (*Portulaca oleracea*) y del zacate cangrejo (*Digitaria sanguinalis*) puede ser más fácil de controlar. Si la verdolaga es controlada, es un buen indicador de que el suelo ha sido adecuadamente calentado (Elmore *et al.*, 1997).

La solarización generalmente no controla malezas perennes tan bien, en comparación con las malezas anuales debido a que las perennes generalmente tienen

estructuras vegetativas enterradas en el suelo como raíces y rizomas que pueden rebrotar. El coquillo (*Cyperus esculentus*) es controlado parcialmente por la solarización del suelo. El coquillo púrpura (*Cyperus rotundus*) no es significativamente afectado; en algunas ocasiones una pobre solarización ha inducido el crecimiento de estas dos especies de malezas perennes (Elmore *et al.*, 1997).

Cuadro 1. Susceptibilidad de diferentes especies de malezas a solarización del suelo. (Munro 1987; Elmore *et al.*, 1997).

Nombre común	Nombre científico	Ciclo	Susceptibilidad
Zacate pitillo	<i>Ixophorus unisetus</i>	Perenne	***
Zacate grama	<i>Cynodon dactylon</i>	Perenne	**
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	Anual de verano	**
Coquillo	<i>Cyperus spp.</i>	Perenne	*
Quelite	<i>Amaranthus spinosus</i>	Anual de verano	***
Zacate pinto	<i>Echinochloa colonum</i>	Anual	***
Zacate panizo	<i>Echinochloa crusgalli</i>	Anual	***
Quelite	<i>Amaranthus palmeri</i>	Anual de verano	**
Quelite	<i>Amaranthus albus</i>	Anual de verano	***
Quelite	<i>Amaranthus retroflexus</i>	anual	***
	<i>Abutilon theophrasti</i>		**
	<i>Avena fatua</i>	Anual	**
	<i>Amsinckia douglasiana</i>		**
	<i>Brassica nigra</i>	Anual de invierno	***
	<i>Capsella bursapastoris</i>		***
Quelite cenizo	<i>Chenopodium album</i>	Anual de verano	***
	<i>Claytonia perfoliata</i>		
Enredadera	<i>Convolvulus arvensis</i>	Perenne	**
Cola de caballo	<i>Conyza canadiensis</i>	Anual de verano	***
	<i>Digitaria sanguinalis</i>		**

Zacate pata de gallo	<i>Eleusine indica</i>	Anual de verano	**
	<i>Lamium amplexicaule</i>		
Quesitos	<i>Malva parviflora</i>	Anual de verano	**
	<i>Orobanche ramosa</i>		
	<i>Oxalis pescaprae</i>	Perenne	**
Pasto azul	<i>Poa annua</i>	Anual de verano	**
	<i>Senecio vulgaris</i>		
	<i>Sida spinosa</i>		
Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i>	Anual de verano	***
	<i>Solanum sarrachoides</i>		
	<i>Sonchus oleraceus</i>		
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	Perenne	**
	<i>Stellaria media</i>		
	<i>Trianthema portulacastrum</i>		
Abrojo; cadillo	<i>Xanthium strumarium</i>	Anual de verano	**
Cualilla	<i>Argythamia neomexicana</i>		***
Zacate cola de zorra	<i>Leptochloa filiformis</i>		*
Golondrina rastrera	<i>Euphorbia próstata</i>		***
Cuacha	<i>Kallstroemia maxima</i>		***
Golondrina erecta	<i>Phyllanthus carolinensis</i>		***
Golondrina semi-erecta	<i>Euphorbia hirta</i>		***

*** Muy susceptible ** Susceptible *Tolerante

Dentro de las especies de malezas en las que no se ha logrado controlar con solarización se encuentran: *Malva niceansis*, *Convolvulus arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Coniza canadiensis*, *Eragrostis spp.*, *Cyperus rotundus*, *Melilotus albus*, *Sorghum halepense* y *Cyperus esculentus* (Katan y DeVay, 1991; Elmore *et al.*, 1997).

Egley (1983) determinó que varias especies de zacates, así como el quelite, flor de la mañana y verdolaga disminuyeron sus poblaciones conforme se alargó el período de solarización, encontrando que el coquillo no fue afectado por los tratamientos. Elakovich y Stevens (1985) mencionan que con un periodo de 98 días, se obtiene una reducción de

un 91% de las malezas, resultando más efectivo que la aplicación de un herbicida (Dacthal 75W). Además de que las plantas de col sin cabeza (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) mostraron un incremento en el desarrollo y rendimiento.

El estudio realizado por Sudha *et al.*, (1999) en la India, se enfocó a determinar la eficacia de la solarización del suelo con acolchado plástico transparente y negro como un método de control de malezas en el cultivo de chile. Encontraron que el acolchado para solarizar incrementó la temperatura del suelo hasta 53.8°C a una profundidad de 5 cm a los 15 días después de aplicar el polietileno transparente. Esto redujo la presencia de maleza y el peso seco de la misma en comparación con los tratamientos sin solarizar y con polietileno negro.

El trabajo de Abadía (1999) realizado en Egipto comprendió un estudio durante 1996, 1997 y 1998, en parcelas naturalmente infestadas con malezas; las semillas fueron solarizadas por seis semanas en Agosto y Septiembre. La solarización del suelo incrementó el rendimiento de haba en más de 53 veces; este incremento en rendimiento lo explicaron debido al control de las malezas anuales y de la maleza perenne *Orobanche crenata*.

Los trabajos realizados durante 1994 y 1995 en Italia por Campiglia *et al.*, (1998), mostraron que los tratamientos de solarización aplicados desde finales de julio hasta septiembre en el cultivo de la lechuga, incrementaron la temperatura del suelo a 45.9 y 46.1°C a las profundidades de 5 y 10 cm respectivamente. El acolchado plástico transparente redujo la densidad de malezas y la biomasa total de éstas durante el ciclo del cultivo en más de 91%. La emergencia de *Portulaca oleracea* se redujo en 92%, *Solanum nigrum* en 70%, *Stellaria media* en 76%, *Sinapsis* spp. en 59%, *Senecio* spp. en 68% y *Lolium* spp. en 96%. El crecimiento de la biomasa y el rendimiento de cabezas de lechuga se incrementó en 106 y 81% respectivamente con el tratamiento de solarización, en comparación con el tratamiento no solarizado.

Un estudio realizado en Florida, USA, se enfocó a determinar el efecto de 5 y 7 semanas de solarización sobre el control de *Cyperus* spp con acolchado plástico negro y transparente. Los resultados indicaron que después de cinco semanas emergieron 35.7 plantas/m² a través del polietileno negro, mientras que solo se observaron cinco plantas/m² en los tratamientos con polietileno transparente. La menor emergencia de ésta

maleza fue atribuido a temperaturas letales en suelos por la solarización, lo que ocasionó la muerte de los rizomas de *Cyperus* spp. (Patterson, 1998).

La información reportada por Patterson (1998), indica que el acolchado plástico con polietileno transparente redujo o eliminó la emergencia de tallos de *Cyperus rotundus*, en comparación con película opaca de polietileno blanca/negra; así mismo redujo la biomasa foliar del coquillo, biomasa y número de rizomas en el rango de 85 a 99%.

El estudio sobre el efecto de altas temperaturas en la germinación y viabilidad de semillas de malezas en el suelo realizado en la India por Arora y Yaduraju (1998), reporta que la temperatura máxima del suelo a 5 cm de profundidad bajo el acolchado plástico transparente fue de 53°C. Éste acolchado durante 30 días redujo significativamente el número de semillas de malezas, específicamente de *Avena fatua* y *Phalaris minor*, mientras que *Trianthema monogyna* y *Asphodelus tenuifolius*, no fueron muy afectadas y en *Melilotus indica* no se observó ningún efecto de la solarización.

El trabajo de solarización durante tres años (1990-92) con polietileno transparente en el cultivo de okra que realizaron Bawazir *et al.*, (1995), en la República Árabe de Yemen, indica que el peso seco de las malezas se redujo en 97.1, 81.4 y 68.8%, respectivamente durante los tres años de estudio antes señalados en comparación con el testigo sin solarizar. Por otro lado, el rendimiento del cultivo se incrementó en 63.9, 45.0 y 33.7% respectivamente en esos años.

En un estudio realizado por López y Jiménez (1995), se detectó que el calentamiento del suelo mediante solarización controló el 98% de malezas, además se logró un incremento de 81% en la producción de melón. También se encontró un marcado incremento en la temperatura del suelo cuando se utilizó el acolchado transparente, siendo 12.4°C superior la temperatura observada que en los suelos no solarizados. Egley (1990), menciona que las altas temperaturas del suelo por efecto de la solarización pueden reducir poblaciones de semillas de hierbas por temperaturas letales en semillas susceptibles y por ruptura de la dormancia de las mismas.

Economou *et al.*, (1997) realizaron un estudio en Grecia para evaluar la solarización de suelo sobre la germinación de semillas de 3 especies de malezas (*Avena sterilis*, *Bromas diandrus*, *Sinapsis arvensis*). Los resultados demostraron que el calentamiento solar tuvo un efecto adverso muy evidente en la germinación de las tres especies de malezas, especialmente las colocadas a las profundidades de 5 cm; las

semillas enterradas a 10 cm también redujeron notablemente su germinación después de dos semanas de solarización, sin embargo, después de un mes de solarización las semillas de las tres especies perdieron por completo su viabilidad. El efecto de temperaturas letales (35, 40 y 45°C) sobre la germinación de las semillas fue relacionado al tiempo de exposición de acuerdo con el concepto de horas térmicas u horas calor. Este estudio concluye que la germinación de estas semillas reduce dramáticamente cuando se alcanzan las 400 horas calor.

Estudios conducidos por Haidar *et al.*,(1999) en el Líbano, se realizaron para investigar el efecto de diferentes periodos (0-6 semanas) de solarización con semillas escarificadas, y solarización con y sin gallinaza sobre semillas no escarificadas de *C. campestris* a varias profundidades del suelo (0-20 cm). Se usó una película de plástico transparente de 0.3-0.05 mm de grosor para cubrir el campo. Para semillas escarificadas y no escarificadas de *C. campestris* el efecto del periodo de solarización sobre el porcentaje total de germinación fue consistente solamente a la profundidad de 0 cm de profundidad. La temperatura pico registrada a 0 cm de profundidad fue de 71°C. A 0 cm de profundidad con el efecto de la solarización sobre semillas escarificadas ocurrido durante los primeros 10 días la reducción en el porcentaje total de germinación de semillas fue de 95%. En las semillas no escarificadas requirió 6 semanas de solarización para una reducción significativa de 69% en el porcentaje total de germinación a 0 cm de profundidad. La gallinaza no incrementó la temperatura del suelo en comparación con utilizar únicamente la solarización, pero redujo el periodo de éste, de 6 a 2 semanas para una reducción significativa del porcentaje total de germinación. Sin embargo, la reducción en el porcentaje total de germinación de semillas con solo la solarización y solarización mas gallinaza fue similar después de 6 semanas.

En el estudio realizado por Moya y Furukawa (2000) manifestaron tener un efecto dramático de la solarización con semillas de malezas anuales lo cual fue concebido por un efecto eco-fisiológico de las semillas de este tipo de malezas. Encontraron que altas temperaturas pueden reducir la dormancia de algunas semillas, manifestándose esto que en los casos donde se solarizó resultó tener mayor presencia de plantas.

1.6.6. En los nemátodos fitoparásitos

Los nemátodos son los microorganismos más sensibles a las altas temperaturas; la solarización de suelos no siempre es tan efectiva en controlar nemátodos en comparación con el control de enfermedades fungosas y malezas, debido a que los nemátodos son relativamente móviles y pueden recolonizar el suelo rápidamente. El control con solarización es mayor en los primeros 30 cm del perfil del suelo. Los nemátodos a mayor profundidad en el suelo pueden sobrevivir a la solarización y dañar las plantas con sistemas de raíz más profundos.

Dentro del grupo de los nemátodos de mayor importancia económica en la agricultura, que han sido controlados satisfactoriamente por este método son los que se reportan a continuación: *Ditylenchus dipsaci*, *Macroposthonia xenoplas*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne hapla*, *Globodera rostochiensis*, *Pratylenchus penetrans*, *Tylenchulus semipenetrans*, *Pratylenchus pratensis*, *Pratylenchus thornei*, *Paratylenchus hamatus*, *Rotylenchus incultus*, *Criconemella xenoplas*, *Paratrichodorus lobatum*, *P. minor*, *Helicotylenchus digonicus*, *Heterodera schachtii*, *Criconemella* sp., y *Xiphinema* sp. (Katan y DeVay, 1991; Elmore *et al.*, 1997).

Stapleton y DeVay (1986), establecieron experimentos de campo por 4 a 6 semanas con solarización y/o nematicidas; encontrando que con la solarización y solarización más nematicida se redujeron las poblaciones de 42 a 100% de los géneros *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Paratrichodorus*, *Criconemella*, *Xyphinema* y *Pratylenchus* en comparación con el testigo. La disminución en la población de nemátodos cuando se aplicó solamente el nematicida, fueron significativamente menores.

1.6.6.1. En el control de *Meloidogyne* spp.

El trabajo de Herrera *et al.*, (1999) con solarización y fumigación con bromuro de metilo en el cultivo de tomate para el control del nemátodo *M. incognita*, concluyó que las temperaturas más altas alcanzadas en los tratamientos solarizados fueron 44.0, 35.1 y 32.6°C a 10, 20 y 30 cm de profundidad del suelo respectivamente. Debido al efecto de solarización se alcanzó un control de este nemátodo del 100, 64.4 y 0% a las profundidades de 10, 20 y 30 cm del suelo, comparado con el testigo sin solarizar; por

otro lado, el tratamiento con bromuro de metilo (85 g/m^2) logró controlar este nemátodo en 93.4, y 100% a las profundidades antes mencionadas.

Randig *et al.*, (1998) investigaron el efecto de la solarización y bromuro de metilo, su reporte indica que el tratamiento con 25 días de solarización redujo la población de nemátodos del género *Meloidogyne*; sin embargo, la eliminación completa de éstos nemátodos sólo se alcanzó después de 30 días de solarizar el suelo.

El trabajo sobre solarización de Nasr y Ahmadi (1997), reporta que la energía solar y la adición de estiércol a razón de 40 t/ha redujo la incidencia de *Meloidogyne javanica* en las raíces del cultivo de pepino durante los tratamientos aplicados en los meses de Julio y Agosto.

Palumbo *et al.*, (1997) hicieron una comparación entre la solarización y la bromofumigación para controlar el nemátodo *Meloidogyne* spp, en un suelo sembrado con lechuga e infestado con este nemátodo y *Fusarium solani*. Sus resultados indican que la solarización del suelo sola o con la adición de fenamifos, o con paja de trigo o con gallinaza redujeron las poblaciones de nemátodos. Durante 1995 y 1996 las parcelas testigos y las tratadas con bromuro de metilo produjeron 18 y 29% menos rendimiento en comparación con los tratamientos solarizados. En ambos años, la solarización mas gallinaza, mas paja de trigo fue el tratamiento más eficaz que estos autores evaluaron. Este estudio también mostró que la solarización del suelo parece que estabiliza el rendimiento de lechuga cuando se asocia con paja y gallinaza, en comparación con otros tipos de solarización.

En el trabajo de Fuente y Montealegre (1997), se estudió la solarización y fumigación con bromuro de metilo (68 g/m^2) para el control de nemátodos en un suelo con tomate. El suelo dentro de un invernadero sin calefacción fue solarizado durante 40 días en los meses de enero y febrero. Los resultados indican que el grado de control de las poblaciones naturales de *Meloidogyne* spp. fue excelente a 10 cm, pero a 20 y 30 cm de profundidad el control de nemátodos con solarización no fue eficiente. La fumigación con bromuro de metilo proporcionó un 100% de control a las tres profundidades. Chon *et al.*, (1996) realizaron un estudio para promover la esterilización solar de suelo usando una doble capa de vinilo que se colocó sobre la superficie del suelo por dos meses durante el ciclo de verano. Este tratamiento resultó ser efectivo para controlar a *Meloidogyne* spp. en el cultivo de melón.

El control de nemátodos del suelo en el cultivo de lechuga dentro de invernadero fue estudiado por Fiume (1995); sus resultados indican que la solarización de suelo redujo muy significativamente el grado de ataque en las raíces de lechuga por los nemátodos del género *Meloidogyne* spp. También se encontró que los tratamientos con solarización tuvieron el ciclo de crecimiento más corto, los más bajos síntomas de severidad por el ataque de nemátodos y los más altos rendimientos de lechuga. La combinación de la solarización con compuestos orgánicos ha tenido buenos resultados; por ejemplo, un excelente control del nemátodo *M. incognita* se obtuvo combinando la solarización con la aplicación de gallinaza (Gamliel y Stapleton, 1993).

1.6.6.2. En el control de *Ditylenchus dipsaci*

La eficiencia de solarización por 30 o 50 días solo o en combinación con fenamiphos a 0.5, 1.0 o 1.5 g/m² para controlar a *D. dipsaci* en zanahoria fue evaluado durante 1994-96 por Cartia *et al.*, (1999). La solarización por 30 o 50 días registró una reducción significativa en la población de *D. dipsaci*, pero el mejor control fue obtenido en parcelas solarizadas por 50 días y tratadas con fenamiphos a 0.5 o 1.0 g/m²; la solarización también redujo el número de malezas hospederas del nemátodo.

1.6.6.3. En el control de *Helicotylenchus* spp. y otros géneros

El efecto de la solarización sobre *Helicotylenchus* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Tylenchus* spp., *H. ciceri* y *P. thornei* infestando *Vicia faba* cv. ILB 1814 fue estudiado por Sauerborn y Saxena (1990) en microparcels. El suelo cubierto por polietileno alcanzó una temperatura máxima de 55°C en 1985 y 48°C en 1986 a 5 cm de profundidad, mientras que el suelo no cubierto registró únicamente una temperatura máxima de 40°C en ambos años. Mientras que la densidad de población de nemátodos fue reducida de 83 a 100% por 40 días del suelo solarizado, dependiendo de los géneros y año; sin embargo, *P. thornei* reestableció la densidad de su población en un año. El estudio realizado por Katan *et al.*, (1976), menciona que eliminó la población del nemátodo *Pratylenchus thornei* en el rango de 80 a 100%, controló maleza y aumentó el rendimiento en 35% con relación al testigo.

1.6.6.4. En el control de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*

El efecto invernadero que se produce bajo el plástico durante el periodo de solarización permite que la temperatura del suelo alcance valores de 5 a 12°C por encima de la temperatura del aire, lo que puede ser letal para los nemátodos hasta los 20 o 30 cm de profundidad. En países con clima cálido se logra una mortalidad de los nemátodos del 100% hasta 10cm de profundidad y un poco menos a profundidades mayores. Esta es una técnica efectiva con niveles poblacionales medios-bajos del nemátodo del quiste de la papa (25 huevos/g de suelo), pero es costosa, requiere que el terreno esté libre de cultivos en el verano y que las temperaturas ambientales sean muy elevadas. Es una medida interesante para algunos países, ya que tiene la ventaja de que es un método de control no contaminante y no es peligroso para el agricultor. Además es efectivo también contra hongos y malezas. La combinación de la solarización de suelo con el empleo de nematicidas fumigantes en dosis reducidas a la mitad o a un tercio de las recomendadas, permiten un buen control de los parásitos del suelo y se reduce el efecto contaminante del medio ambiente. (Greco, 1993 y Crozzoli, 1990).

1.7. Uso de extractos vegetales para el control de fitopatógenos

Recientemente, Montes-Belmont *et al.*, (2000), realizaron un análisis de las investigaciones realizadas sobre el uso de extractos vegetales con propiedades antifúngicas. A la fecha, se han probado cerca de 206 especies de plantas contra la actividad de 26 especies de hongos fitopatógenos, incluyendo pruebas de germinación de esporas, desarrollo micelial, esporulación y en pruebas de invernadero y campo en algunos casos. La formulación de productos vegetales utilizados han sido: extractos acuosos y hexánicos, polvos, aceites esenciales y metabolitos secundarios antifúngicos. Los resultados muestran que entre el 32% y 51% de las plantas probadas interactúan con los hongos y la respuesta de los patógenos varía desde la estimulación biológica hasta su total inhibición. Una de estas especies a la que se le atribuye algunos efectos letales es la gobernadora (*Larrea tridentata* Coville).

1.7.1. Descripción de la gobernadora (*Larrea tridentata*)

La gobernadora (*L. tridentata* Coville) es una de las especies pertenecientes a la familia de las Zygophyllaceae, arbusto nativo, perenne, ecológicamente dominante en los desiertos Chihuahuense y Sonorense de Baja California y Norte de México y en las zonas semiáridas del sur de California, Nuevo México, Texas y Arizona en Estados Unidos. Se estima que el 25% (500,000 km²) de la República Mexicana está cubierta con este arbusto del semidesierto, el cual ha desarrollado diversas adaptaciones anatómicas y fisiológicas para tolerar condiciones prolongadas de sequía y altas temperaturas. Presenta una variación genotípica en base a su localización geográfica, siendo diploide $2n=26$ en el desierto Chihuahuense; tetraploide $4n=52$, en el desierto Sonorense y hexaploide $6n=78$ en el desierto Mojave (Brinker, 1993).

Es una planta que ha formado parte de la riqueza florística medicinal de los nativos de las zonas semiáridas del Norte de México y Suroeste de los Estados Unidos, se le ha considerado como una planta que “cura todo”, ya que se han reportado 66 usos en la fitoterapéutica, tales como infecciones genito-urinarias y del tracto respiratorio, eliminación de cálculos renales, inflamaciones musculares, daños de la piel, para la eliminación del espasmo intestinal, espasmo menstrual, desorden uterino, anticancerígeno, diurético (contra la diabetes), antimicótico y antimicrobial (Brinker, 1993).

Una característica fitoquímica de *L. tridentata* es que produce una espesa resina que se acumula en sus hojas y tallos. Barbour *et al.* (1977), mencionan que esta resina permite reducir la evapotranspiración de la gobernadora y también la protege contra los efectos de la radiación ultravioleta debido a que incrementa la refracción de la radiación solar recibida en el follaje.

El principal componente de la resina de la gobernadora como ya se señaló es el ácido nordihidroguaiaretico (NDGA), además de 19 aglicon-flavonoides y diversos lignanos, así como algunos flavonoides glicósidos, sapogeninas y ceras (Brinker, 1993). El NDGA es un fuerte antioxidante, tiene su mayor potencial de uso en la fabricación de productos farmacéuticos, lubricantes y hule; se ha encontrado que inhibe a bajas concentraciones a numerosos sistemas enzimáticos. Se le ha descrito como un potente antimetabólico canceroso *in vitro*; puede prevenir el enmohecimiento de metales y también puede ser usado como un revelador en fotografías (Campos *et al.*, 1979).

La razón por la que la aplicación de la resina de gobernadora no se ha difundido más ampliamente como biocida en las diversas actividades agrícolas y de otra índole, radica muy probablemente en su insolubilidad en agua. Esta propiedad es intrínseca a la naturaleza química de los flavonoides y lignanos que son constituyentes de la resina de *L. tridentata*, lo cual ha impedido que otros investigadores hayan podido contar con un extracto de resina soluble o dispersable en agua para hacer aplicaciones exitosas al suelo o al follaje para el control de fitopatógenos en cultivos bajo condiciones de invernadero o campo; sin embargo, una de las plantas más prometedoras para el desarrollo de biopesticidas y para ser usada en biofumigación es esta especie (*Larrea tridentata*), cuya resina constituye desde el 10 hasta más del 30% del peso seco del follaje (Sakakibara y Mabry, 1975; Lira, 2001), la cual ha mostrado tener diversas propiedades biocidas.

1.7.1.1. Efectos alelopáticos de la resina de *Larrea tridentata*.

Existen diversos reportes controversiales sobre el efecto de la resina de gobernadora sobre la germinación de las semillas de malezas, ya que algunos autores mencionan que los componentes fenológicos que se encuentran en las hojas de este arbusto tienen una actividad alelopática debido no solamente al NDGA, sino también a otros metabolitos secundarios de la gobernadora. Se ha mencionado que los antioxidantes que se encuentran en la resina son lavados de las hojas por la lluvia y después en el suelo afectan el crecimiento y desarrollo de las plántulas que crecen debajo del dosel de la gobernadora hasta provocar su muerte (Bennett *et al.*, 1953; Coyle *et al.*, 1975; Elakovich *et al.*, 1985).

1.7.1.2. Efectos fungicidas y bactericidas de la resina de *Larrea tridentata*

Los primeros trabajos sobre el efecto fungicida o fungistático de la resina de gobernadora fueron hechos por Fernández *et al.*, (1979), los cuales reportaron que tanto *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. y *Rhizopus nigricans* fueron totalmente controlados a 500 ppm, tanto con el extracto metanólico como clorofórmico; no así para *Fusarium oxysporum* que solamente se logró inhibir en 76% y 93% para cada extracto respectivamente a 1000 ppm.

Algunos de los hongos y algas fitopatógenas que han sido controladas en estudios *in vitro* por la resina de gobernadora son: *Fusarium oxysporum* (Guzman, 2002), *Rhizoctonia solani* (Lira, 2001), *Pythium* sp. (Balvantin, 2002), *Alternaria solani* (Sánchez, 2002), *Phytophthora capsici* (García et al., 1997), *Eutypa armeniacae* (Velásquez, 1983), *R. nigricans* (Brinker, 1993), *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* (Vargas et al., 1997). En la literatura se menciona que algunas de las bacterias que han sido controladas bajo condiciones *in vitro* por la resina de gobernadora son: *Pseudomonas solanacearum* y *Erwinia atroseptica* (Velásquez, 1983).

1.7.1.3. Efecto nematocida de la resina de *Larrea tridentata*

El efecto de la resina de gobernadora como nematocida ha sido reportado por Huerta (1986), el cual consignó las siguientes conclusiones: en pruebas *in vitro*, la resina de gobernadora mostró una inactivación de los nemátodos a los 27 minutos. En las pruebas de campo se encontró que la resina de gobernadora presenta una tendencia para actuar como nematocida a la dosis de 100 ppm, sobre todo en los géneros *Tylenchus*, *Ditylenchus* y *Rhabditis*, concluyendo que con *Pratylenchus*, *Aphelenchus*, *Helicotylenchus* y *Xiphinema* no hubo una consistencia en los datos, debido el bajo número de nemátodos encontrados en las muestras. Para los primeros tres géneros, se encontró que a las dosis de 1000 y 2000 ppm el número de nemátodos se elevaba, éste autor sugiere que este efecto se debe a que la resina se encuentra demasiado concentrada a estas dosis y por lo que se forman conglomerados que no logran pasar a través de los poros del suelo, por lo tanto, no se difunde y no tiene contacto con los nemátodos.

El trabajo realizado por Beltrán (2002), menciona que no se observó efecto nematocida del extracto etanólico de la resina de gobernadora, sin embargo, los resultados muestran solo una tendencia de tal efecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y características del sitio experimental

2.1.1. Localización.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno del 2001, en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noreste de la Ciudad de Saltillo Coahuila, en las coordenadas geográficas de 25° 27' latitud norte y 101° 02' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1619 msnm.

2.1.2. Clima.

El clima de Saltillo se clasifica: $B_{sk}(x')(e)$, que se define como seco estepario. La temperatura y precipitación pluvial media anual es de 18°C y 368 mm. La evaporación promedio mensual es de 179 mm, registrándose las más altas en los meses de Mayo y Julio con 236 y 234 mm respectivamente (García, 1997).

2.1.3. Suelo.

El Suelo del campo experimental del CIQA es de origen aluvial, textura arcillosa en el estrato 0-30 cm y arcilloso en la capa 30-60 cm del perfil. Gómez (1994) reporta que el pH del suelo es 8.1, clasificándose como un suelo medianamente alcalino, con un contenido porcentual de materia orgánica de 2.38; lo que lo hace medianamente rico. Presenta una conductividad eléctrica de 3.7 milimhos por cm, esto significa que es un suelo ligeramente salino. Aviña (1995) reportó que la capacidad de campo para los estratos de 0-20 cm y de 40-60 cm es 28%, el punto de marchitez permanente para ambos estratos es 15.22%, mientras que la densidad aparente es de 1.26g/cm³.

2.1.4. Agua.

El agua para riego es de clase C₃ S₁ de calidad media, apta para riego en suelos bien drenados seleccionando cultivos tolerantes a sales (Narro, 1985).

2.2. Características del experimento

El trabajo de investigación consistió en medir la incidencia y daño de malezas y nematodos en el cultivo de brócoli, combinando la solarización y la incorporación de resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) para determinar cuál de los dos factores tiene mayor efecto en el control de éstas; o bien su posible efecto potenciador.

2.2.1. Diseño experimental.

El experimento se llevó a cabo con un diseño bifactorial en bloques completamente al azar. Teniendo un total de 9 tratamientos con 4 repeticiones por tratamiento; los factores estudiados fueron:

Factor A: Solarización

A₁: 0 días (sin solarización).

A₂ : 40 días.

A₃ : 80 días.

Factor B: Dosis de resina de *Larrea tridentata*

B₁ : 0 Kg/ha (sin aplicación de resina).

B₂ : 20 Kg/ha.

B₃ : 40 Kg/ha.

Los tratamientos resultantes fueron los siguientes:

Cuadro 2. Tratamientos de evaluación en el experimento.

Días solarización	Kg/ha de resina	Clave
0	0	(A ₁ B ₁).
0	20	(A ₁ B ₂).
0	40	(A ₁ B ₃).
40	0	(A ₂ B ₁).
40	20	(A ₂ B ₂).
40	40	(A ₂ B ₃).
80	0	(A ₃ B ₁).
80	20	(A ₃ B ₂).
80	40	(A ₃ B ₃).

2.2.2. Variables evaluadas.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

- Temperatura del suelo
- Diversidad de malezas
- Densidad poblacional y dominancia de malezas
- Biomasa seca de malezas por tratamiento
- Diversidad de nematodos
- Densidad poblacional de nematodos
- Rendimiento del cultivo de Brócoli

2.2.3. Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), con un arreglo factorial AxB, diseño completamente al azar y con una comparación de medias de diferencias mínimas significativas (DMS) con un nivel de significancia del 5% (0.05).

2.3. Obtención de la resina de gobernadora.

2.3.1. Colecta de follaje.

Las muestras de hojas y ramas pequeñas de gobernadora (*Larrea tridentata*) fueron colectadas en los alrededores de Saltillo, Coahuila, ciudad ubicada en las cercanías del paralelo 25° de latitud norte del Desierto Chihuahuense, tratando de obtener ramas y hojas jóvenes del tercio final superior de los arbustos de gobernadora.

2.3.2. Secado del material vegetativo.

El material colectado se guardó en bolsas de papel y después se secó en la estufa con recirculación del aire donde se mantuvieron a una temperatura constante de 65°C por un periodo de 5 días hasta llevar el follaje a peso seco.

2.3.3. Cribado de hojas secas.

Después de secadas las hojas en la estufa, se cribaron con una malla metálica con orificios de 0.5 cm²; con esto, el material quedó listo para el proceso de extracción de la resina.

2.3.4. Extracción por el método de inmersión en etanol.

Para la obtención de la resina en volumen suficiente y poder realizar los trabajos de campo, se utilizó la técnica de extracción de la resina por inmersión del follaje seco y cribado con etanol como solvente; por el cual se introdujo la gobernadora en cubetas de 20L, en las que se agregó el solvente en una cantidad suficiente hasta que cubriera totalmente las hojas cribadas, se dejó el material en el solvente por un tiempo de 24 horas, y posteriormente se separó el follaje cribado de cada uno de los solventes, en los cuales se encontraba disuelta la resina. La separación del material vegetativo del solvente se hizo a través de una bomba de vacío, esto nos permitió dejar únicamente el licor con el solvente que después se llevaría al proceso de destilación por evaporación.

2.3.5. Evaporación del solvente.

Después de que fue separado el follaje del solvente que contenía la resina, se procedió a la determinación del porcentaje de sólidos en una balanza de determinación de humedad. Luego se llevó a cabo la separación del solvente de la resina y el licor obtenido se colocó en un matraz bola de 3L, al que se acopló a un refrigerante de vidrio recto y posteriormente se le llevó a una temperatura de 50 a 60°C, con la finalidad de separar el solvente mediante evaporación.

2.3.6. Secado y molienda de la resina.

Una vez evaporado el solvente restante, la resina concentrada se depositó en recipientes de vidrio, los cuales se introdujeron en una estufa con circulación de aire a 65°C hasta que la resina quedó completamente seca. Después que la resina fue solidificada y seca se colocó en un mortero de porcelana para su pulverización manual y posteriormente se guardó (resina en polvo) en recipientes de plástico con tapón de rosca.

2.4. Establecimiento de la parcela experimental.

2.4.1. Preparación del Terreno.

La preparación del terreno consistió en un barbecho y dos pasadas con la rastra esto fue al término del ciclo primavera-verano del 2001.

2.4.2. Trazo del área experimental.

Se realizó durante la última semana del mes de agosto del 2001, el cual consistió primero en marcar los límites del área experimental por medio de un cordel, después se marcó el largo y ancho de las camas y de los pasillos por medio de estacas de madera y cordón de rafia. El tamaño del lote experimental y los marcos de plantación son los que se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tamaño del lote experimental y marcos de plantación.

Área experimental	810 m ²
Área de la unidad experimental	22.5 m ²
Área de la parcela útil	7.5 m ²
Ancho de las camas	1.5 m
Distancia entre hileras de plantas	0.25 m
Distancia entre plantas	0.30 m
Largo de la cama	5 m
Densidad de plantación	40,296 plantas/ha.

2.4.3. Incorporación de la resina de gobernadora.

El 27 de agosto del 2001 se aplicó la resina hidrosoluble en polvo, en una franja al centro de la cama, justo debajo donde se colocaría la cintilla, esto para permitir que al contacto con el agua de riego se filtrara la resina en el suelo.

2.4.4. Instalación del Sistema de Riego.

Se instaló un sistema de riego por goteo, el cual consistió en cintilla T-Tape que se colocó al centro de la cama; la inyección de fertilizante se hizo a través de un venturi marca MAZZEI MOD. 584 de una pulgada de diámetro.

2.4.5. Colocación del Acolchado Plástico Transparente para Solarizar.

El 10 de septiembre del 2001 se colocó el plástico transparente para los diferentes días de solarización, así como el inicio del riego para después empezar a tomar lectura de temperaturas del suelo.

2.5. Monitoreo de la Temperatura del Suelo

El monitoreo de la temperatura del suelo se hizo a través de un termómetro FLUKE modelo 52II durante las 9:00; 11:00; 13:00; 15:00 y 17:00 horas, que se inició a partir del 13 de Septiembre del 2001 al 30 de Octubre del mismo año. El monitoreo de las temperaturas se hicieron a una profundidad de 1.2, 5.0 y 15 cm de profundidad del suelo.

2.6. Muestreo y determinación del banco de semillas de malezas del suelo

Antes de la aplicación del proceso de solarización se realizó un muestreo exploratorio del banco de semillas de malezas del suelo con el fin de determinar la diversidad y dominancia inicial de malezas en el lote experimental; por lo cual se muestreó en 12 lugares del lote a una profundidad del suelo de 10 cm por el método del cuadrante ($0.25m^2$); a través de barrenas metálicas; y posteriormente se procesaron por el método de flotación a través de un tamiz de 60 mallas. Cada muestra fue procesada por separado y posteriormente se realizó la identificación de semillas con apoyo en material didáctico y de referencia sobre semillas de malezas; y por volumen de especies de semillas se determinó la dominancia de especies de malezas expresado en porcentaje.

2.7. Bioensayo con semillas de brócoli y extracto de gobernadora

Como parte de esta investigación, se realizaron bioensayos con diferentes especies de semillas para conocer el efecto que tiene el extracto etanólico de la resina de gobernadora, sobre la germinación, longitud de radícula y longitud de plúmula principalmente. Se evaluaron las dosis de 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 ppm de la resina extraída con etanol y con especies originarias del Desierto Chihuahuense. Este bioensayo se realizó por personal que colaboró en la investigación y fue sometido a modelo estadístico en laboratorio, por lo que solo se presentan los resultados en la discusión.

Se utilizaron semillas de cultivos con porcentajes de germinación conocidos, ya que las semillas de malezas presentan una gran dificultad para realizar este tipo de evaluación, debido a que tienen características peculiares como latencia entre otras, que

hacen que los resultados no sean confiables. Tomando en cuenta que el comportamiento fisiológico entre especies de malezas y algunos cultivos es similar, el efecto que genere la resina sobre las semillas de cultivos será similar al que se presente en las semillas de malezas.

2.8. Muestreo y colecta de información de las malezas presentes

Se realizaron 6 muestreos durante el ciclo del cultivo para conocer el desarrollo de las malezas en relación al daño producido. El primer muestreo se realizó inmediatamente después de la solarización (14 Noviembre 2001) ya que con anticipación había ausencia de malezas. Del segundo al quinto muestreo se hizo en serie, cada 15 días durante el desarrollo del cultivo, empezando con el segundo muestreo que se realizó el 11 de Diciembre del 2001, 24 días después del trasplante (d.d.t.); el tercero el 26 de Diciembre del 2001 (39 d.d.t.); el cuarto el 10 de Enero del 2002 (54 d.d.t.) y el quinto el 25 de Enero del 2002 (69 d.d.t.). El sexto muestreo (final) se realizó después de cosecha el 12 de Marzo del 2002 (115 d.d.t.).

El muestreo de malezas se realizó por el método del cuadrante, con un cuadro metálico de 50x50 cm (0.25m²), realizándose por cada tratamiento y sus repeticiones respectivas sobre la cama útil y con ayuda de navaja y estaca, de tal manera de sacar el espécimen lo más intacto posible con el sistema radicular.

2.8.1. Identificación de especies.

La identificación de especies de malezas se llevó a cabo con claves y materiales de apoyo ilustrado a través de tipos y formas de: las hojas, semillas, tallos, color, rizomas, bulbos y por comparación. Aquellas especies que no pudieron ser identificadas de inmediato, se colectaron y posteriormente se identificaron con el material de apoyo.

2.8.2. Densidad poblacional.

Una vez que las malezas fueron extraídas del suelo, libres de residuos orgánicos y suelo, se realizó el conteo para determinar el número de individuos por especie, tanto en estado de plántula como en adulto por m², utilizando el método del cuadrante.

2.8.3. Biomasa seca por tratamiento.

Esta evaluación se realizó a través del peso constante de la materia seca de las malezas. Después de la identificación y conteo, las malezas encontradas por tratamiento se colocaron en bolsas de papel estraza (etiquetadas previamente para cada tratamiento y repetición) y se llevaron a una estufa durante 6 días a 75°C. Posteriormente se obtuvo el peso seco a través de una balanza analítica.

2.9. Muestreo de suelo y densidad poblacional de nemátodos

Se realizaron 4 muestreos para monitorear el comportamiento de las densidades de nemátodos antes y después del proceso de solarización, durante el desarrollo del cultivo de brócoli y hasta la cosecha. El primer muestreo se realizó antes del proceso de solarización siguiendo un arreglo de zig-zag en todo el lote, donde se sacaron 6 muestras en el perfil 0-15 cm y otras 6 muestras en el perfil 15-30 cm con una barrena metálica y procurando una representación adecuada de la parcela experimental. El segundo y tercer muestreo se realizó para cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones y solo en el perfil 0-15 cm. En el cuarto muestreo (durante la cosecha) también se realizó para cada unidad experimental y en el perfil 0-15 cm del suelo. Cada muestra fue colocada en bolsas de plástico debidamente etiquetadas, y se mantuvieron en refrigeración a 4°C antes de ser procesadas en el laboratorio.

2.10. Procesado y análisis de las muestras de suelo

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Nematología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La cantidad de

nemátodos que se contabilizó expresado por 100g de suelo, fue a través del método del Embudo de Baermann.

2.10.1. Extracción de nemátodos filiformes.

Cada muestra se procesó y analizó por separado mediante el método recomendado para la extracción de nemátodos filiformes. El procedimiento de extracción fue el siguiente:

- 1.- Se pesan 100g de suelo de la muestra.
- 2.- La muestra se coloca sobre papel facial estando el papel sobre tela mosquitera.
- 3.- Se coloca agua en el embudo de Baermann, conteniendo éste manguera y pinzas, colocándose en el soporte y el anillo del sostén.
- 4.- Se toma la muestra con cuidado y se coloca en el embudo, si se observa que al ponerlo caen partículas de suelo, se tendrá que empezar el procedimiento nuevamente.
- 5.- Se deja reposar la muestra durante 24 a 48 horas, una vez transcurrido este tiempo se obtiene una muestra de agua de 10 ml, se coloca en una caja petri cuadrículada para facilitar el conteo de los nemátodos.

2.10.2. Técnica de montajes semipermanentes para nemátodos filiformes.

De acuerdo con Taylor (1968), mencionado por Baca (1997), el procedimiento para realizar montajes semipermanentes de nemátodos filiformes es el que a continuación se menciona:

1. Colocar la muestra de nematodos después de haberse procesado por el método del embudo de Baermann en una caja petri, y se observa bajo el microscopio estereoscópico.
2. Depositar una gota de lactofenol sobre un portaobjetos y tener éste a la mano.
3. Observar en el microscopio y situar en la punta de un palillo de bambú en el óptico; elegir el nemátodo y colocar la punta del palillo debajo, levantando suavemente y conservando siempre enfocado el palillo y el nemátodo, esto hace necesario graduar el tornillo de enfoque del microscopio con una mano mientras se manipula

el palillo con la otra; cuando el nemátodo llega a estar por debajo de la superficie del agua, se saca y se lleva a la gota del líquido de montaje sobre el portaobjeto.

4. Se repite la operación hasta que se haya depositado en el líquido de montaje cierta cantidad de nemátodos.
5. Examinar el portaobjetos bajo el microscopio para asegurar el contenido de nemátodos en el fondo del líquido.
6. Depositar una pequeña gota de formol para matar y conservar los nemátodos; o una pequeña gota de rojo colorante para observar algunas de las características morfológicas del nemátodo.
7. Sujetando un cubreobjeto con pinzas, colocarlo con todo cuidado sobre la gota, la cual debe ser lo suficientemente grande para que el cubreobjetos descanse sin que sobresalga el líquido, si sobra líquido se debe absorber con papel secante y se verifica en el microscopio estereoscópico que los nemátodos no sean arrastrados fuera del cubreobjetos.
8. Sellar el portaobjetos aplicando esmalte o laca comercial de uñas con un pincel alrededor del cubreobjetos.
9. Etiquetar los portaobjetos con los siguientes datos: lugar de origen de la muestra, número de muestra, número de predio, cultivo y fecha.
10. Finalmente se identifica el género de los nemátodos obtenidos.

2.10.3. Identificación taxonómica de nemátodos.

La identificación taxonómica a nivel género de los nemátodos en las muestras analizadas se realizó de acuerdo a los caracteres distintivos mencionados por Baca (1997) y que son: forma, tamaño, nódulos, apariencia del estilete, región cefálica, vulva, ovario, cola, anillos en cutícula, istmo, cabeza, bulbo basal, bulbo medio y forma de reposo.

2.11. Bioensayo con nemátodos tratados con extracto de gobernadora

Se realizó un bioensayo *in vitro* en laboratorio para evaluar la actividad nematicida y/o nematostática del extracto hidrosoluble de la resina de gobernadora. Este bioensayo fue realizado en colaboración con personal de apoyo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La extracción y demás procesos, fue apoyado por personal del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, localizado en Matamoros Coah., por lo que los nemátodos evaluados pertenecían a diferentes cultivos infestados naturalmente.

Se evaluaron las dosis de 1000, 2000, 4000, 8000 ppm, un nematicida comercial (Mocap) y un testigo (agua destilada) como referencia. El método de evaluación se basó en el factor de inmovilidad de los nemátodos ante la exposición del extracto de gobernadora siguiendo el mismo procedimiento que realizaron en su trabajo Aballay y Macava (2001). Por lo tanto, la actividad nematicida y/o nematostática se evaluó por la inmovilidad de los nemátodos después de 24-48 horas de inmersión en las cajas petri que contenían el extracto, seguido por 24 horas en agua destilada. Con esto se determinó el efecto de la resina en la movilidad de los nemátodos.

2.12. Prácticas Agronómicas de Manejo del Cultivo de Brócoli

2.12.1. Producción de Plántulas en Invernadero.

La siembra de charolas se realizó el 5 de octubre del 2001; se utilizaron charolas de poliuretano de 200 cavidades, lavadas y desinfectadas con anticipación mediante hipoclorito de sodio al 1%, preparándose y utilizándose sustrato Peat Moss, humedecido marca PRO-MIX. La semilla utilizada fue de Petoseed, variedad Liberty, con 85-90 días de maduración. Para acelerar la germinación, las charolas se estivaron y se cubrieron con un plástico negro, esto para aumentar la temperatura y conservar el calor. Después de germinadas se pasaron a un invernadero de plástico con ventilación natural lateral y sistema de seminebulización, manteniendo una humedad constante. Los riegos se aplicaron durante 5 minutos tres veces al día. En los días con altas temperaturas se pasaban las charolas a un reservorio rectangular poco profundo donde se mantenían flotando en agua por 30 minutos. La fertilización se realizó a través del sistema de

nebulizadores con una dosis diaria de 0.36-0.087-0.02-0.017 kg/ha de N-P-K-Ca. También se hicieron aplicaciones de fungicidas, aplicados en el reservorio, para después pasar las charolas y mantenerlas por un intervalo de tiempo.

2.12.2. Acolchado con Polietileno Transparente.

El plástico utilizado para solarizar, fue el mismo que se usó para acolchar, eso se hizo por dos razones: Para incrementar la temperatura en el suelo, ya que en el ciclo de otoño-invierno las temperaturas son bajas, y reducir los costos de producción al darle un doble uso al plástico, ya que de otra manera el acolchado transparente se desecharía.

2.12.3. Trasplante.

El trasplante se realizó el 17 de noviembre del 2001; cuando la planta tenía 35 días en las charolas con una altura promedio de 15 cm; con un acomodo a doble hilera y una distancia entre plantas de 30 cm, teniendo una densidad de 40,296 plantas/ha. Se aplicó un riego un día anterior al trasplante con el fin de que hubiera una alta humedad en el suelo, para que durante el trasplante y adaptación en el medio, la plántula no sufriera por estrés hídrico.

2.12.4. Riego y Fertilización.

La fertirrigación se realizó a través de un inyector venturi y sistema de riego por cintilla, cada tercer día, durante todo el ciclo del cultivo, durante 4-6 horas a una presión de 10 PSI. La fórmula de la fertilización fue de 250-125-200-250 de N-P-K-Ca, con las fuentes: Multi-NPK de Haifa, Fosfato Monoamónico (MAP) y Nitrato de Calcio; se hicieron también aplicaciones de micronutrientes, BORAX y K-fol, así como K-tionic como un asimilador de nutrientes, cada 8 días durante la floración.

2.12.5. Control de Plagas.

Los daños ocasionados por plagas no fueron significativos; sin embargo, se hicieron 2 aplicaciones preventivas con el Insecticida “Decís” (nombre comercial), para controlar el daño del gusano cortador principalmente.

2.12.6. Cosecha.

Se realizaron tres evaluaciones de cosecha, a los 69, 84, 99 d.d.t. estos cortes se hicieron manualmente, se cortaron las cabezas con un diámetro mayor de 12-14 cm. Para cada unidad experimental se pesaron las cabezas con una báscula de reloj montada en un tripie y se midió el diámetro con el vernier. El corte de la cabeza se hizo desde la base, que es la manera realizada comercialmente.

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto de la solarización en la temperatura del suelo.

Con base en la información del monitoreo y registro de la temperatura del ambiente y del suelo a diferentes perfiles durante el periodo de solarización, se conformó una grafica que muestra el comportamiento de esas variables y que se puede apreciar en la Figura 1. El grafico muestra las temperaturas ambiente, y del suelo a 1.5, 5 y 15 cm de profundidad para los suelos donde se solarizó, así como para el testigo absoluto (no solarizado).

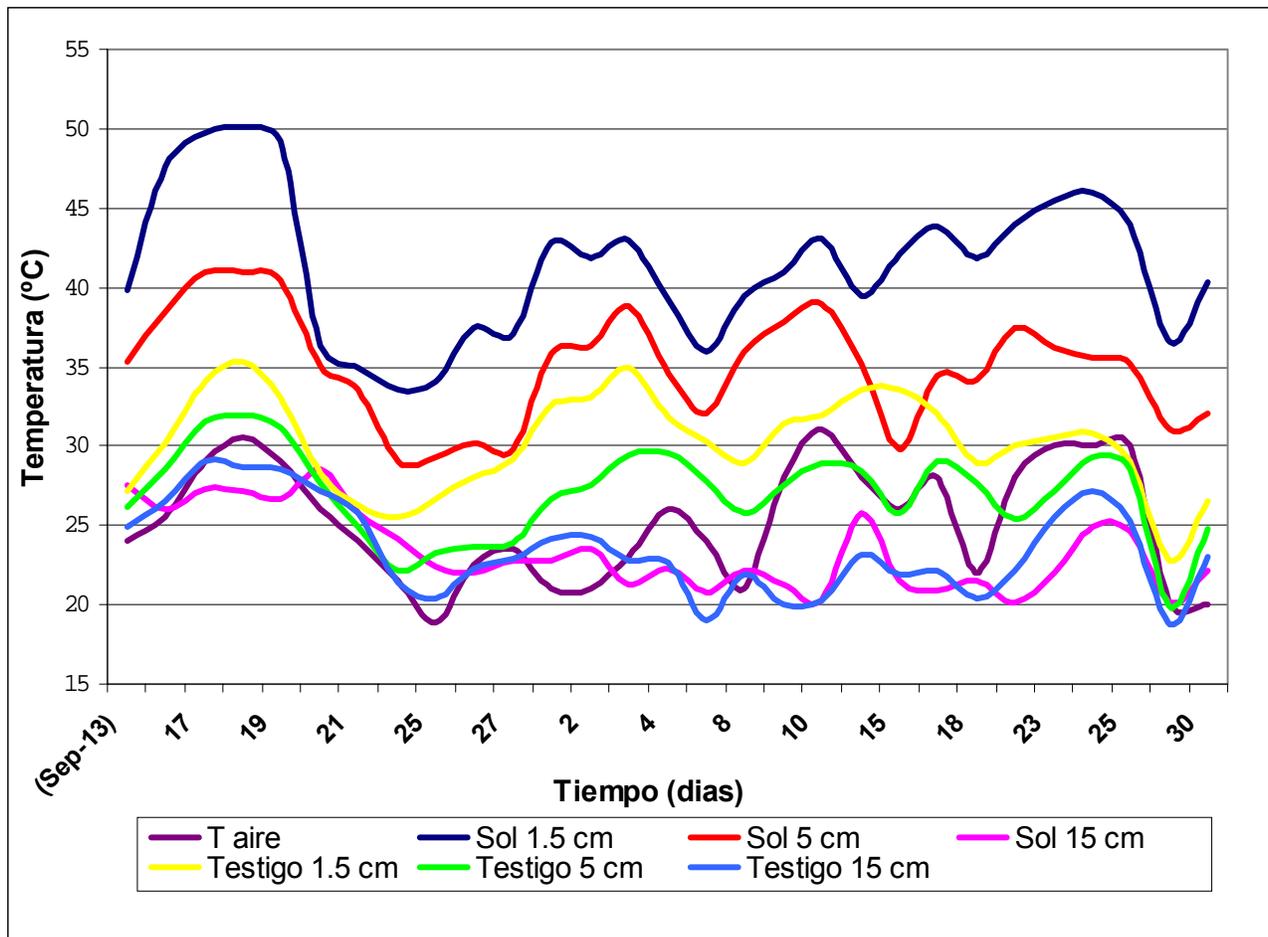


Figura 1. Comportamiento de la temperatura del aire y suelo a diferentes profundidades; con y sin plástico, durante el periodo de solarización.

Se puede apreciar claramente que las temperaturas más altas se registraron a la profundidad de 1.5 cm del suelo a las 15:00 horas del día, y las temperaturas más bajas se registraron a la profundidad de 15 cm del suelo para el testigo y el solarizado, como se muestra en la Figura 2. La temperatura máxima alcanzada se registró el 18 de septiembre del 2001, habiendo alcanzado 50.1°C en el estrato de 1.5 cm a las 15:00 horas del día, como lo muestra la Figura 2.

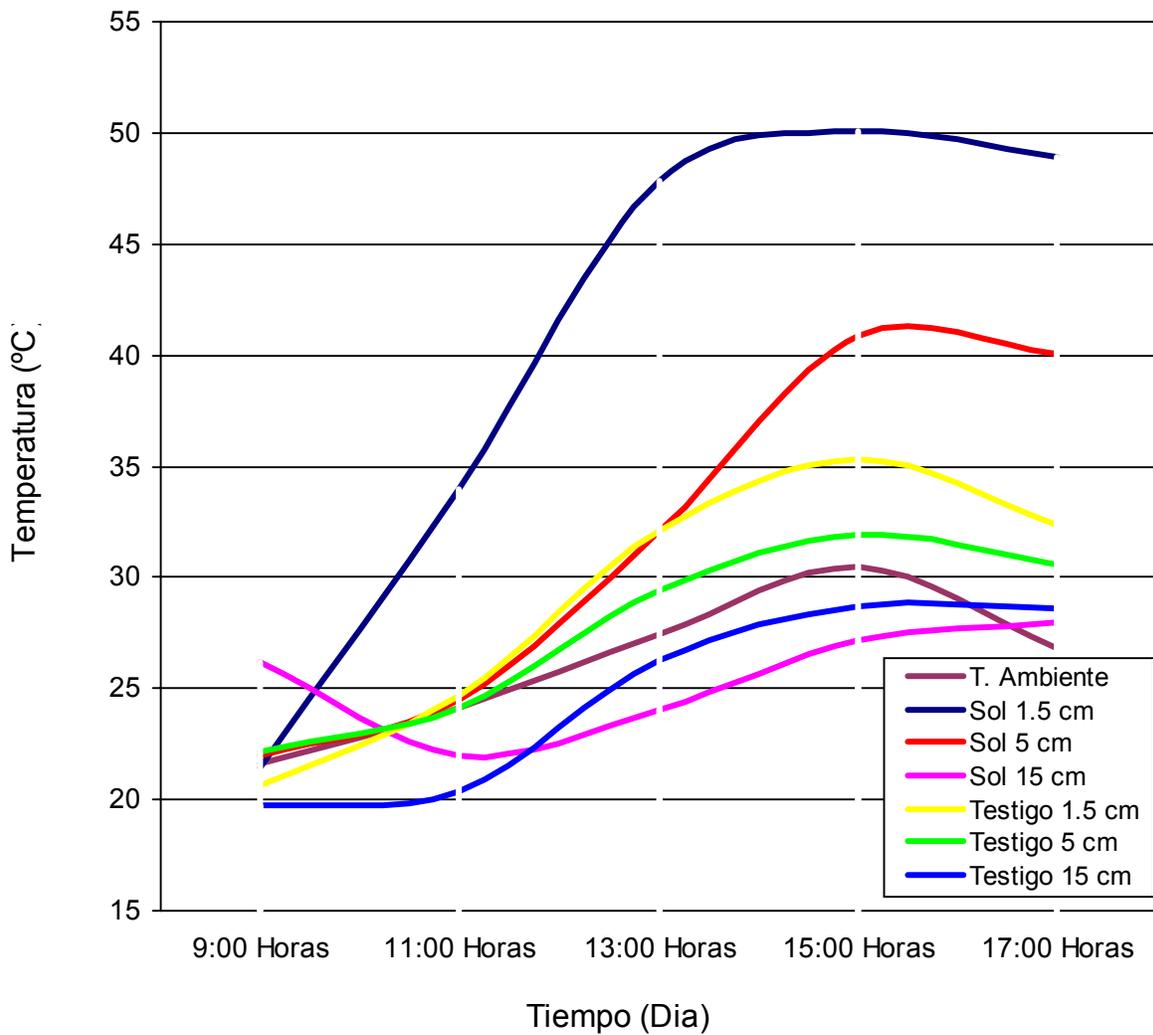


Figura 2. Temperatura del aire y del suelo a diferentes profundidades con y sin plástico en el día más caliente durante el periodo de solarización.

Se puede apreciar claramente que las temperaturas más altas se registraron en capas o estratos superiores del suelo y conforme se incrementa la profundidad, la temperatura sigue un patrón de reducción de temperatura. Conforme a lo anterior, las

capas superiores están más propensas a cambios drásticos de temperatura puesto que al mediodía es la parte más caliente y durante la noche la más fría; existiendo una relación inversa en estratos inferiores debido a que se presenta un menor intercambio térmico entre las capas inferiores y la atmósfera, similar al comportamiento que observaron Elmore *et al.*, (1997). Estas variaciones drásticas de temperatura permiten tener un efecto directo sobre los patógenos en general, puesto que afectan morfológica y fisiológicamente las características de estos organismos ocasionando inhibición, parálisis o muerte.

De acuerdo con los resultados presentados por Katan *et al.*, (1991) sobre variaciones de temperatura y que consideró al menos 60°C como letales para fitopatógenos, en este trabajo esas temperaturas no se presentaron en el ciclo otoño-invierno del 2001 aún en las capas superiores del suelo, alcanzando solo 9.9°C menos que la temperatura letal señalada anteriormente, por lo que se considera, que las temperaturas logradas en el experimento solo fueron subletales.

3.2. Diversidad y dominancia de especies de malezas

En el Cuadro 4 se muestra un listado en orden de dominancia de las diversas semillas de malezas encontradas en el área experimental antes de la aplicación de la solarización y resina de gobernadora. En total, se encontraron semillas de 10 especies de malezas. La semilla encontrada como maleza dominante fue *Portulaca oleracea* que es una maleza anual de verano con hábitos de crecimiento de tallos postrados esparcidos radialmente y se le conoce comúnmente como verdolaga. *Setaria adherens* se presenta en segundo lugar de dominancia; y es la dominante de las Poaceas presentes. Esta maleza es un zacate que crece en macollos y puede llegar a formar fuertes manchones. Dentro de esta familia también se encontraron presentes las malezas: *Echinochloa crusgalli* también llamado zacate panizo, es anual y de tallos erectos principalmente y *Eragrostis mexicana* que presenta tallos amacollados con panículas abiertas. Posteriormente, de la familia de las Chenopodiaceae se encuentra la especie *Chenopodium album* y es la tercer maleza con dominancia y es una planta anual de verano de forma erecta, también llamada quelite blanco o cenizo. *Taraxacum officinale* es la siguiente maleza, la cual presenta hojas arrosetadas y flores en cabezuelas solitarias que presenta un penacho de pelos blancos.

Cuadro 4. Semillas de especies de malezas encontradas en el muestreo de suelo antes de la solarización y aplicación de resina de gobernadora.

ESPECIE	% DE PRESENCIA	CICLO DE VIDA	HABITOS DE CRECIMIENTO
<i>Portulaca oleracea</i>	38%	Anual de verano	P. Rastrera
<i>Setaria adherens</i>	23%	Anual de verano	P. Erecta
<i>Chenopodium album</i>	16%	Anual de verano	C. Erecta
<i>Taraxacum officinale</i>	8%	Anual de invierno	C. Tallos florales erectos
<i>Echinochloa crusgalli</i>	4%	Anual	P. Tallos erectos
<i>Eragrostis mexicana</i>	4%	Anual de verano	P. Erecta
<i>Malva parviflora</i>	3%	Anual de verano	M. Tallos erectos
<i>Cyperus esculentus</i>	2%	Perenne de verano	C. Erecta
<i>Sonchus oleraceus</i>	1%	Anual	C. Tallos erectos huecos
<i>Sisymbrium irio</i>	1%	Anual de invierno	Cr. Erecta

Malva parviflora es otra especie que se presentó en el muestreo y se caracteriza por tener hojas redondeadas o en forma de riñón; es una especie anual de verano con tallos ramificados erectos. La siguiente especie (*Cyperus esculentus*) es llamada comúnmente coquillo o coquito, siendo perenne de verano y otoño. Se reproduce por semillas y rizomas; es difícil de combatir debido a su rusticidad. La especie conocida como *Sonchus oleraceus* se caracteriza por tener tallos huecos con cabezuelas amarillas y con frutos en forma de mechón de pelos fácilmente caedizos. *Sisymbrium irio* es otra especie que se presentó en el muestreo y es una planta anual de invierno de hojas con lóbulos profundos, flores amarillas delgadas y cilíndricas (Villarreal, 1999). Cabe destacar que esta información se sustentó para conocer la dominancia de especies que se presentaron en el lote experimental, ya que los resultados obtenidos del banco de semillas fue similar a las malezas que se presentaron durante la producción de brócoli; esto es de gran importancia ya que permite conocer y predecir los problemas de malezas que se presentarán a futuro, y por lo tanto, planear los métodos más adecuados para su manejo.

3.3. Efecto de la resina de gobernadora en semillas de brócoli

Para este caso, se presenta información obtenida en bioensayos realizados en el laboratorio sobre el efecto de la resina de gobernadora en la germinación, así como longitud de radícula y plúmula de semillas de brócoli.

Cuadro 5. Comparación de medias para el porcentaje de germinación, longitud de radícula y plúmula en semillas de brócoli con extracto de gobernadora.

Dosis (ppm)	% de Germinación	Longitud radícula (cm)	Longitud plúmula (cm)
Testigo	91.25ab	7.42a	4.21d
62.5	92.50ab	7.64a	5.32ab
125	90.00ab	7.56a	5.48ab
250	96.25a	7.83a	5.64a
500	91.25ab	7.25a	5.84a
1000	83.75b	6.79a	5.28abc
2000	95.00ab	4.75b	4.52cd
4000	87.50ab	1.44c	4.36cd
8000	91.25ab	0.96c	3.03e
	C.V.= 9.43%	C.V.= 19.58%	C.V.= 13.87%

En el Cuadro 5 se puede observar que no existe un efecto muy marcado en la germinación de semillas de brócoli bajo la influencia de la resina de gobernadora puesto que no hay consistencia en los datos, aunque estadísticamente se muestre divergencia en los mismos. En forma práctica y con semillas de malezas se tendría el mismo efecto, es decir, aplicar 8000 ppm y omitir la aplicación (testigo) sería el mismo resultado, por lo tanto, no existe un efecto herbicida o alelopático directo sobre la germinación de semillas de malezas o cultivos. Es decir, no afecta directamente la germinación de semillas, sino lo contrario, a bajas dosis (250 ppm), estimula el proceso, como se muestra gráficamente en la Figura 3.

También se puede apreciar que existe una gran confiabilidad en los resultados puesto que el coeficiente de variación se encuentra en 9.43%.

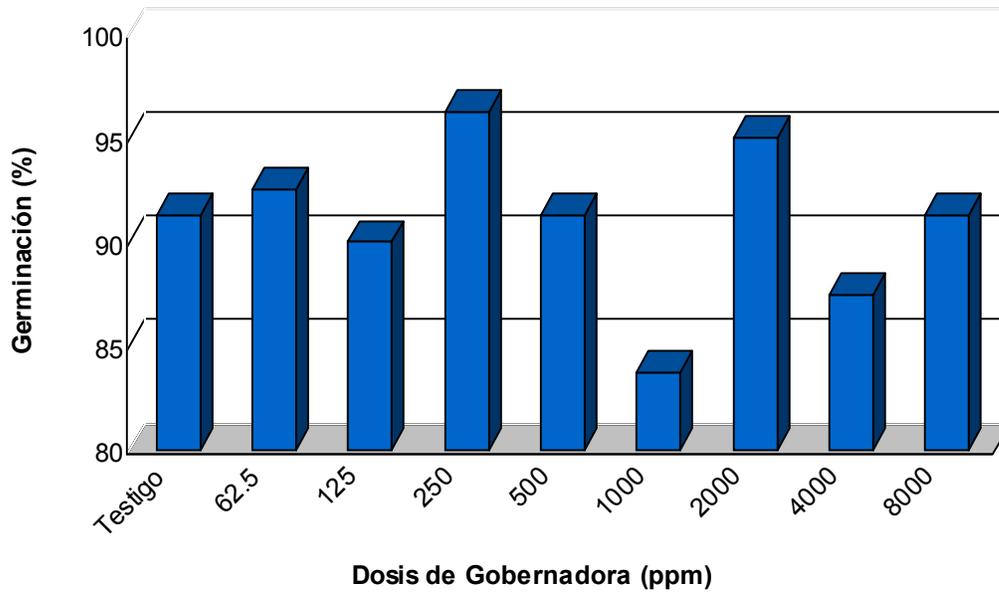


Figura 3. Porcentaje de germinación de semillas de brócoli con extractos de gobernadora.

Por otro lado y para el caso de longitud de radícula, se muestra marcadamente que las dosis medias a bajas e inclusive sin aplicación (testigo), presentan un efecto superior en el crecimiento de radícula, teniéndose como la mejor dosis la de 250 ppm. Puede decirse que existe una tendencia de que a dosis bajas de la concentración de la resina, el crecimiento radicular es estimulado, puesto que aplicaciones de resina a bajas dosis como se muestra en el Cuadro 5, el crecimiento es superior que donde no se aplicó (testigo). Esto indica que la resina afecta muy drásticamente el crecimiento radicular a dosis superiores a las 8000 ppm, lo que influye considerablemente en la reducción de biomasa radicular de malezas, y por lo tanto, evita la competencia con el cultivo por factores directos en la época crítica de competencia. Este efecto se observa gráficamente en la Figura 4.

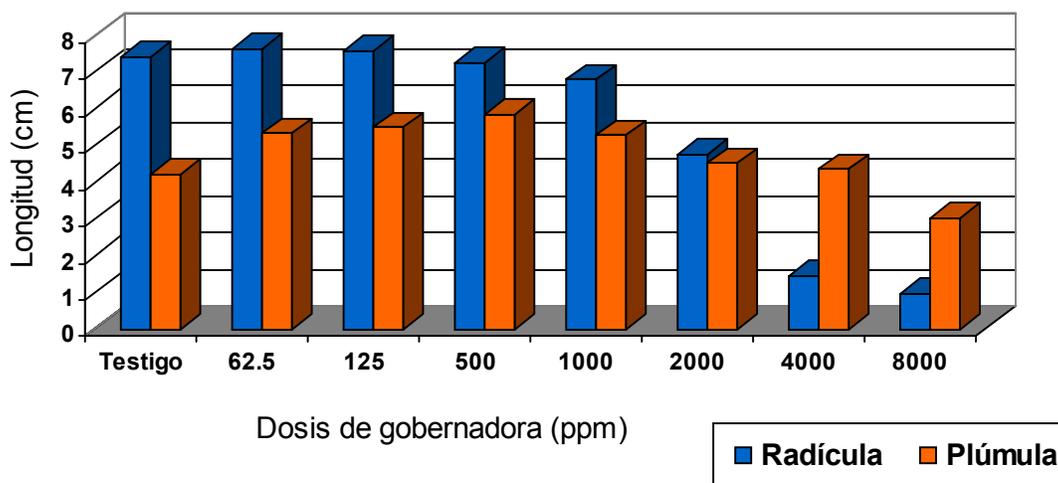


Figura 4. Longitud de radícula y plúmula de semillas de brócoli con extractos de gobernadora.

En el caso de longitud de plúmula, se observa que la dosis que tuvo mayor estímulo de crecimiento de plúmula fue la de 500 ppm, reduciéndose tal efecto a dosis inferiores y superiores; por lo que el efecto de la resina a dosis intermedias (500 ppm), produce una estimulación de biomasa foliar superior, en comparación con el testigo y la máxima dosis evaluada, como se observa en la Figura 4.

Con esto puede pensarse, que tanto para las malezas como cultivos, la resina produce aparentemente un estímulo de crecimiento, lo que origina mayor biomasa seca por volumen de material fresco vegetativo.

De manera general, el efecto de la resina de gobernadora sobre la germinación de semillas de malezas y cultivos no es significativo, no siendo así para crecimiento radicular y de plúmula; por lo que puede observarse que a dosis bajas (500 ppm) aparentemente trabaja como un estimulador de crecimiento.

3.4. Efectos de la solarización y resina de gobernadora en la densidad de malezas

Los resultados obtenidos sobre la densidad de malezas a través de los muestreos, fue fraccionada en tres partes, las cuales fueron sometidas a un análisis estadístico. La primer parte corresponde al primer muestreo realizado al término de la solarización. La

segunda, corresponde a la media de una serie de 4 muestreos realizados durante el desarrollo del cultivo, y la tercera corresponde al ultimo muestreo realizado durante la cosecha.

Comportamiento de la densidad de malezas en el primer muestreo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el Cuadro 6 se puede observar que para los factores solarización y dosis de resina de gobernadora (A y B), no existió diferencia estadísticamente significativa, puesto que el ANVA arrojó resultados no consistentes en cuanto a la densidad y para el tiempo indicado. Sin embargo, se pudo detectar que existe una tendencia de mayor densidad de población conforme se incrementó el periodo de solarización, siendo en forma inversa para el factor B (dosis de resina de gobernadora). Los resultados mostraron claramente que tienen gran confiabilidad puesto que el CV es de 53.42%.

Cuadro 6. Comparación de medias de malezas totales (plantas/m²) después de los tratamientos de solarización.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	19.50	17.00	18.25	18.25 NS
40	22.75	15.50	17.00	18.41 NS
80	24.25	22.75	25.00	24.00 NS
Factor B (Media)	22.16	18.41	20.08	20.22
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	

C.V.= 53.42%

A pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas, sí se presentó la tendencia de mayor número de malezas en las unidades experimentales con periodo más largo de solarización, sin embargo y en forma particular en el periodo de 80 días, se

presentó solo una especie predominante que fue *Portulaca oleracea*, con más de 20 ejemplares por m^2 lo cual es una evidencia de que el suelo no fue calentado adecuadamente o con temperaturas letales como lo mencionaron Elmore *et al.*, (1997), aunque los mismos autores y Munro (1987) presentaron en su trabajo una susceptibilidad de esta especie al efecto de la solarización. Para el caso del factor B (resina de gobernadora) no presentó ninguna tendencia de reducción poblacional de malezas en el periodo evaluado. A pesar de que no existió diferencia significativa en los periodos solarizados, (que fue donde se originó mayor presencia de malezas) los resultados son similares a los obtenidos por Moya y Furucawa (2000). Estos efectos se observan claramente en la Figura 5.

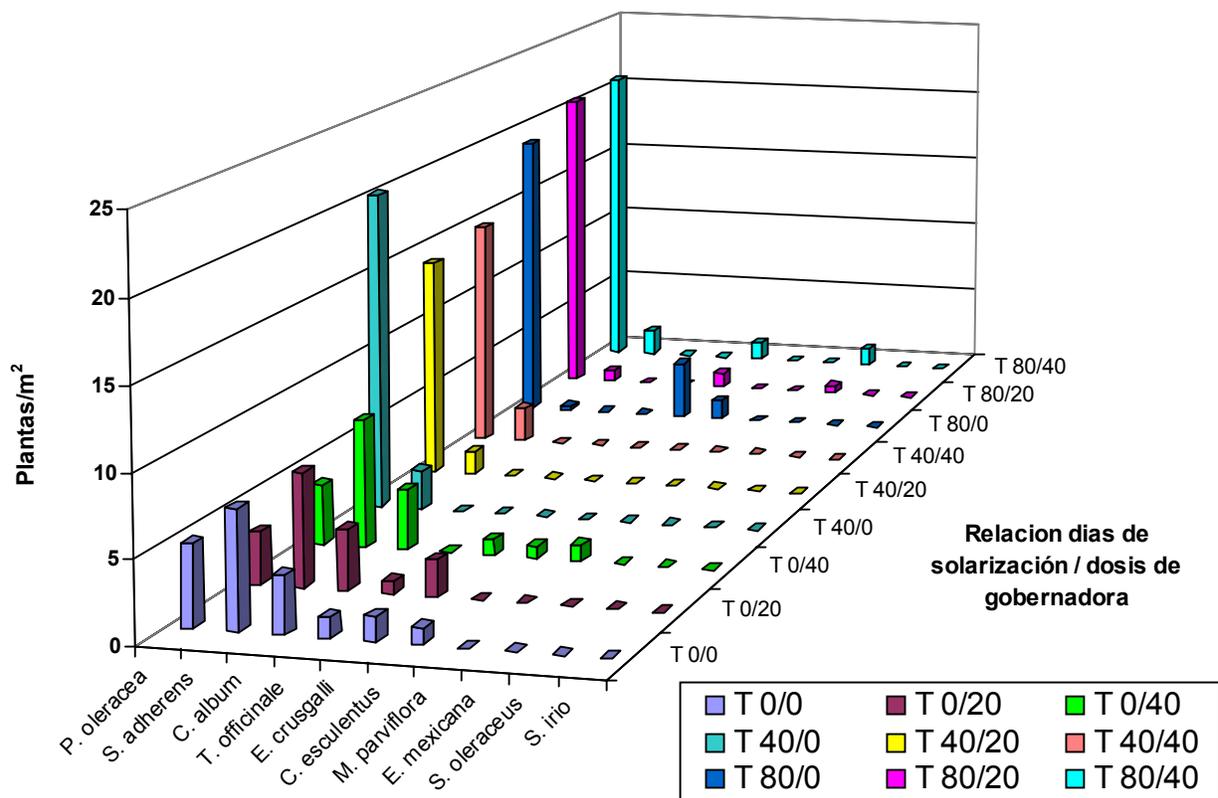


Figura 5. Densidad poblacional de malezas totales (plantas/m²) al primer muestreo y al final de la solarización.

Comportamiento de la densidad de malezas en el muestreo seriado

De acuerdo con los resultados obtenidos como una media de 4 muestreos y que se presentan en el Cuadro 7, se puede apreciar que para el factor A y el B (solarización y dosis de gobernadora) existe una diferencia estadísticamente significativa, puesto que el ANVA arrojó resultados que señalan claramente diferencias entre grupos con un comportamiento diferente. Con base en la prueba DMS, se pueden detectar grupos estadísticamente diferenciales con respecto a la densidad obtenida por los tratamientos con un nivel de significancia del 0.05 y con una DMS de 1.0388 entre grupos. También se puede apreciar que el tratamiento donde hubo mayor ausencia de malezas fue el 7 (80 días solarización y 0 Kg/ha). Los resultados presentan un grado de confiabilidad aceptable puesto que el C.V. fue de 25.62%

Cuadro 7. Comparación de medias de malezas totales (plantas/m²) de 4 muestreos durante el desarrollo del cultivo, después de la solarización.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	7.93	7.06	9.56	8.18a
40	4.00	3.81	5.91	4.54b
80	1.37	2.18	1.81	1.79c
Factor B (Media)	4.43	4.35	5.72	4.84
DMS _{0.05} 1.0388	b	b	a	

C.V.= 25.62%

En este periodo se pudo apreciar que la reducción de malezas fue significativa para el caso de 80 días de solarización en comparación con los otros tratamientos, sin embargo, se muestra claramente que en este periodo el banco de semillas se agotó en forma significativa puesto que en promedio no se presentaron más de 2 plantas de malezas/m² y con ausencia de varias especies de malezas en comparación con el testigo;

donde se presentó la gran mayoría de las especies registradas en el banco de semillas y en promedio de al menos un ejemplar por m^2 . En el caso del periodo de 40 días de solarización, se presentó menor densidad y especies de malezas en comparación con el testigo, pero no igual al periodo superior solarizado como se muestra en la Figura 6. Estos resultados son similares a los que obtuvieron Arora y Yaduraju (1998), al reducir significativamente el número de semillas de malezas, aunque en ese experimento las temperaturas a dicha profundidad fueron superiores a las obtenidas en esta investigación. El trabajo realizado por Egley (1990) mostró el mismo efecto en éste caso, aunque no se registraron temperaturas letales según el rango que consideró Katan (1991).

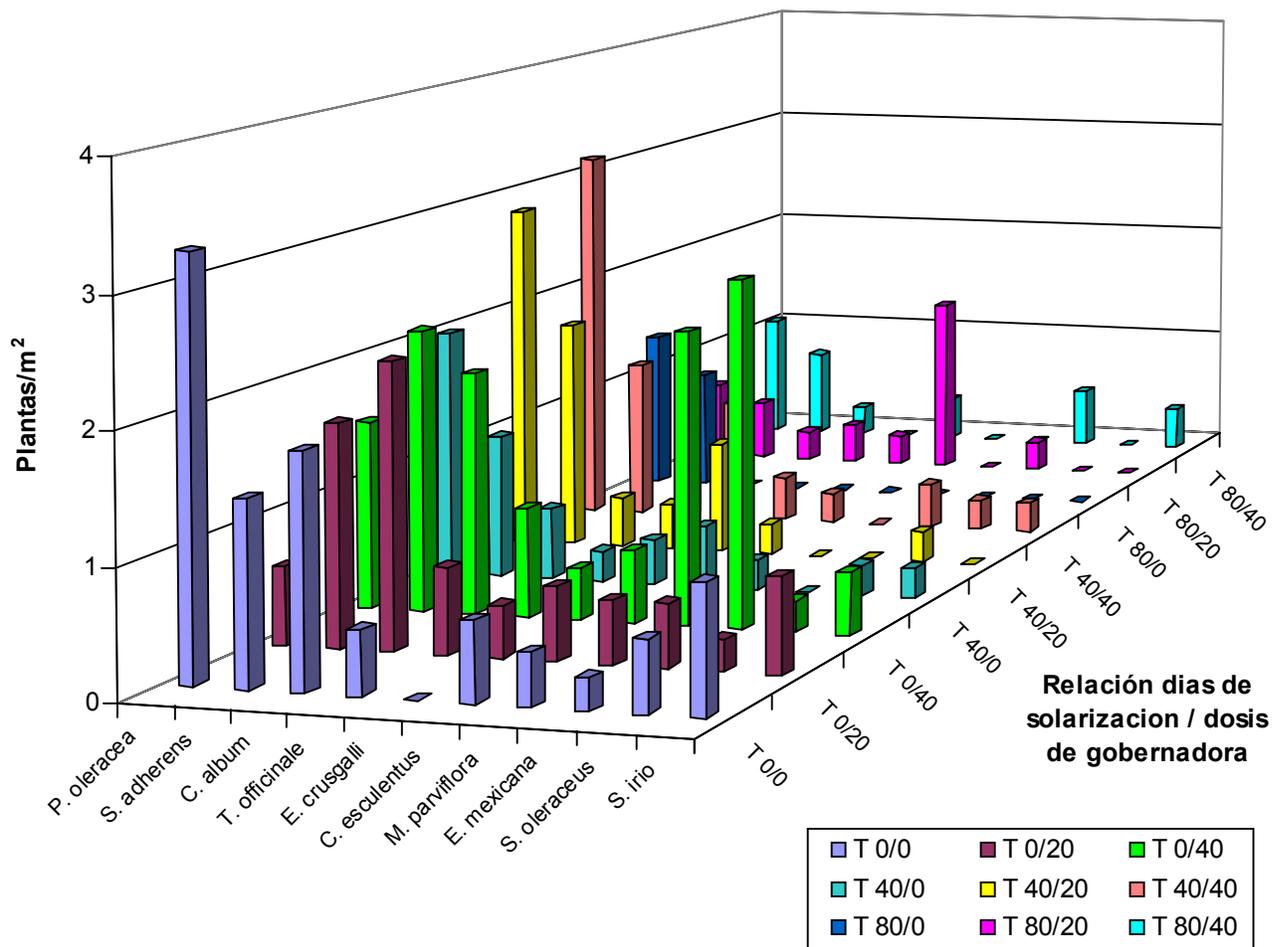


Figura 6. Densidad poblacional de malezas totales ($plantas/m^2$) de 4 muestreos durante el desarrollo del cultivo después de la solarización.

Comportamiento de la densidad de malezas en el sexto muestreo

De acuerdo a los resultados que se presentan en el Cuadro 8 se puede observar que para el factor solarización existe una diferencia estadísticamente significativa, no siendo así para el factor B (dosis de resina de gobernadora). Sin embargo, se puede detectar que se muestra una ligera tendencia de menor densidad de malezas conforme aumenta la dosis de resina. Para el caso del factor solarización, se aprecia claramente que conforme aumenta el periodo de solarización, la densidad de población se va reduciendo drásticamente. En este muestreo, la densidad de malezas fue de cero para el caso de solarización con periodo de 80 días, lo que indica que con un mayor grado de estimulación de desarrollo a través del incremento de temperaturas en el suelo produjo una ruptura de latencia de las semillas de malezas logrando agotar el banco de éstas drásticamente, como lo mostró Egley (1990); y se puede observar claramente en este caso, puesto que no se presentó maleza en la época crítica de competencia del cultivo. Este efecto se puede observar gráficamente en la Figura 7.

Cuadro 8. Comparación de medias de malezas totales (plantas/m²) después de la solarización y durante la cosecha.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	2.75	1.50	1.00	1.75a
40	0	1.50	0.50	0.66b
80	0	0	0	0c
Factor B (Media)	0.91	1.00	0.50	0.80
DMS _{0.05} 1.2252	NS	NS	NS	

C.V.= 181.55%

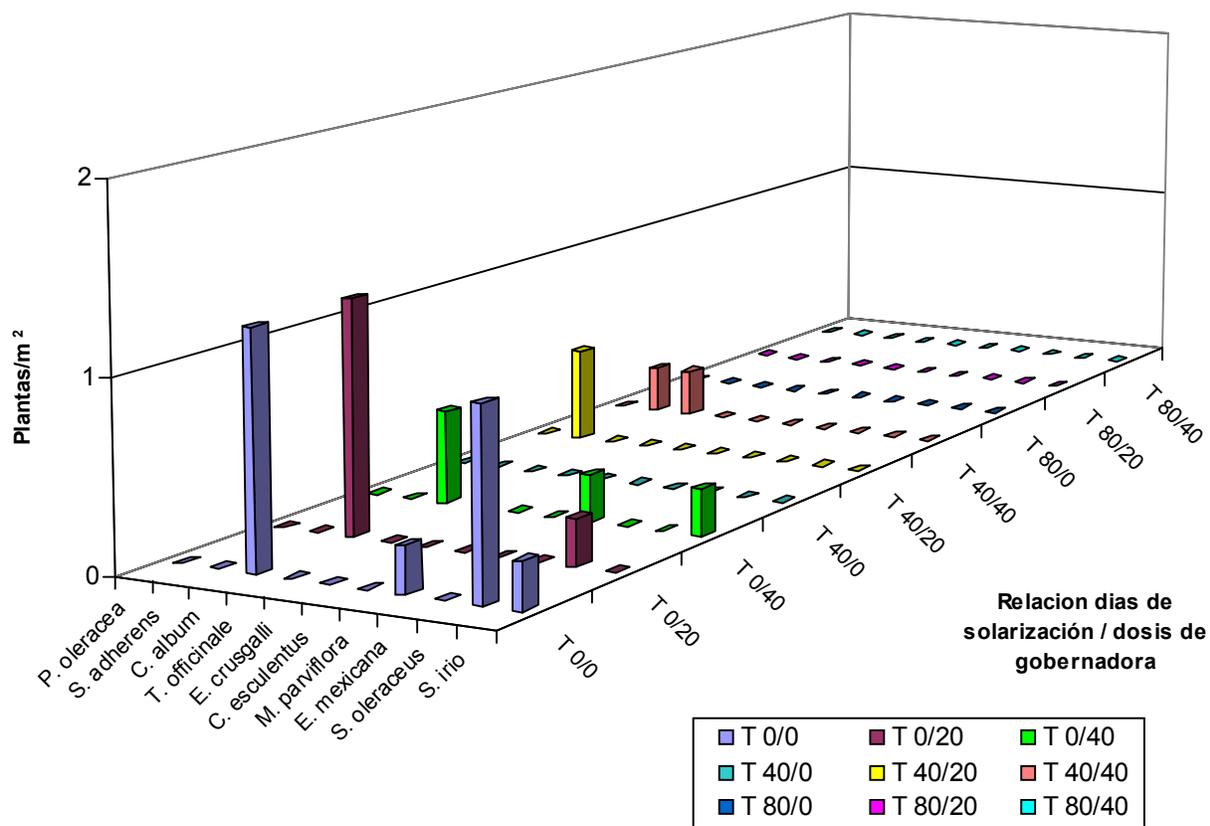


Figura 7. Densidad poblacional de malezas totales (plantas/m²) después del periodo de solarización y durante la cosecha del cultivo de brócoli.

Es importante señalar que a pesar del efecto que tuvo la solarización directamente en el control de malezas durante el desarrollo del cultivo, se observó claramente que el acolchado plástico transparente en el ciclo otoño-invierno, así como el mismo cultivo de brócoli formaron una barrera física contra las malezas, lo que ocasionó que muchas de éstas especies emergieran y murieran sin reproducirse debido a que la energía solar o luz no penetraba. Esto indica que en las unidades solarizadas y acolchadas con el mismo plástico durante la producción del cultivo, se redujeron dramáticamente las pérdidas en comparación con las que tuvo el testigo en el rendimiento, y principalmente durante la época crítica de competencia. Esto se observa gráficamente en la Figura 8.

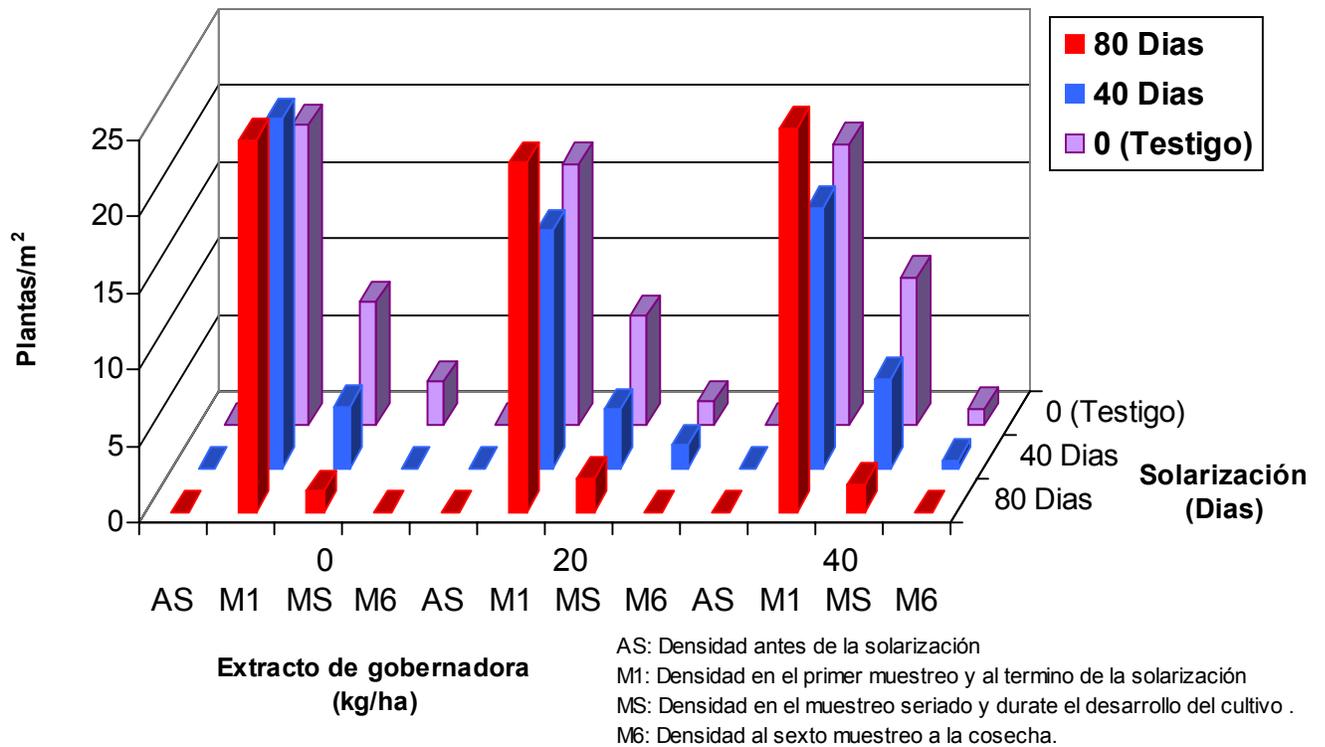


Figura 8. Densidad de población total de malezas/m², al inicio y final de la solarización, durante el desarrollo del cultivo y a la cosecha.

**Efecto de la solarización y resina de gobernadora en la densidad de
*Portulaca oleracea***

Primer muestreo

De acuerdo a los resultados obtenidos y que se presentan en el Cuadro 9, se pudo observar que para el factor solarización existió una diferencia significativa y solo el testigo quedó excluido del mismo grupo estadístico. En cuanto a dosis de resina de gobernadora, no existe diferencia estadísticamente significativa, puesto que el ANVA arroja resultados no consistentes en cuanto a la densidad y para el tiempo indicado. Se puede detectar también que existe un patrón bien marcado y que va en relación de una mayor densidad de esta especie en periodos mayores de solarización (80 días), siendo en forma inversa para el factor B (dosis de resina de gobernadora). Los resultados muestran claramente que tienen confiabilidad puesto que el CV es de 69.58%, esto se puede apreciar gráficamente en la Figura 9.

Cuadro 9. Comparación de medias de la densidad de *Portulaca oleracea* (plantas/m²) al primer muestreo y después de la solarización.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	5.00	3.25	3.75	4.00b
40	20.25	14.00	14.75	16.33a
80	19.00	20.50	20.75	20.08a
Factor B (Media)	14.75	12.58	13.08	13.47
DMS _{0.05} 7.8532	NS	NS	NS	

C.V.= 69.58%

Como se mencionó anteriormente y en base a los resultados de Egley, (1990) en los que encontró que con temperaturas subletales se rompe latencia de semillas, en este caso es bien marcado tal efecto, puesto que en el periodo superior (80 días solarización) se presentó la mayor densidad poblacional de *P. oleracea*, siguiéndole en segundo lugar el periodo de 40 días y después el testigo. Este efecto indica que las temperaturas registradas en el experimento no fueron lo suficientemente altas para promover un calentamiento adecuado del suelo, de acuerdo a lo antes mencionado por Elmore *et al.*, (1997); por lo que el efecto, más que letal, fue subletal para esta especie en particular.

Muestreo seriado

De acuerdo a los resultados obtenidos y que se presentan en el Cuadro 10, se puede observar que para el factor solarización existe una diferencia significativa donde el solarizado con 80 días queda excluido estadísticamente del primer grupo (a). En cuanto a las dosis de resina de gobernadora, no existe diferencia estadísticamente significativa, puesto que el ANVA arrojó resultados no consistentes en cuanto a la densidad y para el tiempo indicado. Se puede detectar también que el periodo máximo de solarización (80 días) fue altamente significativo al reducir la población de *Portulaca oleracea*, debido principalmente al agotamiento del banco de semillas de esta especie en particular. Estos resultados también son similares a los que obtuvo Economou (1997), aunque en ese experimento se registraron temperaturas inferiores a las observadas en este experimento y por ruptura de dormancia y no por viabilidad. Los resultados muestran claramente que tienen gran confiabilidad puesto que el CV es de 49.91% y gráficamente se muestra en la Figura 9.

Cuadro 10. Comparación de medias de la densidad de *Portulaca oleracea* (plantas/m²) después de la solarización y durante el desarrollo del cultivo.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	3.50	1.00	2.75	2.41a
40	2.00	2.75	3.50	2.75a
80	0.75	0.25	0.50	0.50b
Factor B (Media)	2.08	1.33	2.25	1.88
DMS_{0.05} 0.7898	NS	NS	NS	

C.V.= 49.91%

En base a los resultados obtenidos, se refleja que el control de *Portulaca oleracea* es superior al 80% en este tiempo, a pesar de que este efecto fue contribuido por el acolchado plástico así como el mismo cultivo por competencia a través de barrera física. En la Figura 9 se puede apreciar que en los periodos solarizados se presenta la mayor densidad poblacional de *Portulaca oleracea*, no siendo así para el testigo que presentó en promedio 4 plantas por m². Sin embargo, y particularmente en el periodo solarizado con 80 días, se presentó una reducción tan drástica que casi llegó a 0 plantas por m².

Cabe señalar que a pesar del calentamiento del suelo con el acolchado plástico, después del segundo muestreo la presencia de esta especie fue nula en comparación con el testigo, a pesar de que durante la cosecha no se presentó ningún espécimen debido al término de su ciclo de vida, como se muestra en la Figura 9.

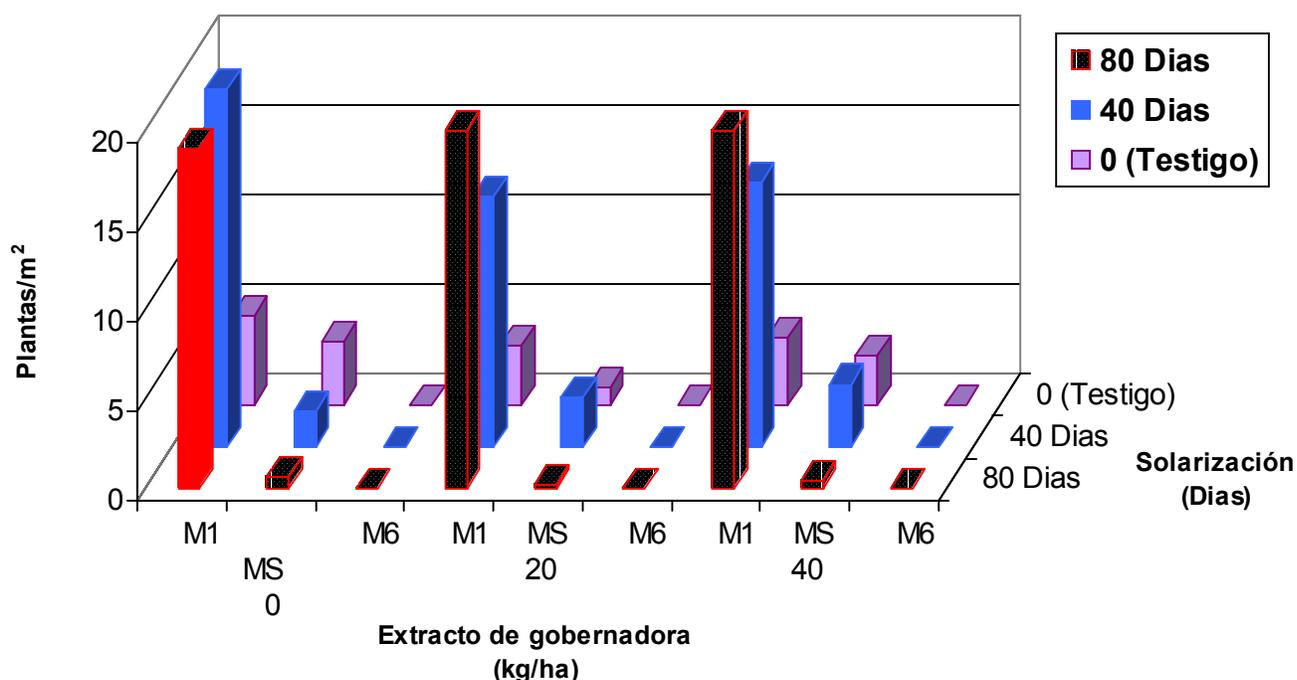


Figura 9. Densidad de población de *Potulaca oleracea* (plantas/m²) al final de la solarización y durante el desarrollo del cultivo.

3.5. Efectos en la biomasa seca

Primer muestreo

De acuerdo a los resultados obtenidos y que se presentan en el Cuadro 11, se puede observar que para el factor solarización existe una diferencia significativa, denotándose claramente que el periodo solarizado con mayor tiempo (80 días) tuvo un incremento superior en la biomasa producida, en comparación con el testigo y el periodo menos solarizado (40 días), esto, debido a que permaneció mayor tiempo con el acolchado, lo que permitió un mayor desarrollo de las malezas presentes terminando en su mayor parte su ciclo de vida. Por otra parte, el efecto que tuvo este calentamiento fue el de romper la latencia de muchas semillas lo que ocasionó mayor número de plantas con alto nivel de biomasa para ese tiempo. Este efecto se puede apreciar visualmente en la Figura 10. En cuanto a dosis de resina de gobernadora, no existe diferencia

estadísticamente significativa, puesto que el ANVA arrojó resultados no consistentes en cuanto a la biomasa generada por tratamiento; sin embargo, se presentó una tendencia de que a mayor dosis, la biomasa se incrementó. Los resultados muestran claramente que tienen gran confiabilidad puesto que el CV es de 20.91%.

Cuadro 11. Comparación de medias de la biomasa seca de malezas (g/m²) al término de la solarización.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	200.00	147.4	150.28	165.88b
40	62.32	71.12	69.84	67.76c
80	271.04	363.96	330.84	321.96a
Factor B (Media)	177.76	194.16	183.64	185.2
DMS _{0.05} 8.1123	NS	NS	NS	

C.V.= 20.91%

Muestreo seriado

De acuerdo a los resultados obtenidos y que se presentan en el Cuadro 12, se puede observar que para el factor solarización existe una diferencia altamente significativa, puesto que se detecta una tendencia bien marcada pues al aumentar el periodo de solarización, la biomasa seca generada va en decremento. Claramente se puede apreciar que el periodo solarizado con mayor tiempo tuvo la menor producción de biomasa, en comparación con el testigo y el periodo de 40 días, debido posiblemente al agotamiento parcial del banco de semillas, lo que ocasionó una menor densidad de malezas presentes. Este efecto se aprecia en la Figura 10. En cuanto a dosis de resina de gobernadora, existe diferencia estadísticamente significativa, y va en relación a que con la aplicación mayor de resina, la producción de biomasa se incrementó, por lo que se puede considerar como un estimulador de crecimiento, como se corroboró en el bioensayo con

semillas y se muestra claramente en la Figura 11. Los resultados indican claramente que tienen gran confiabilidad puesto que el CV es de 21.89%. Estos resultados son similares a los que obtuvo Sudha *et al.*, (1999) al reducir la materia seca en periodos solarizados con polietileno transparente.

Cuadro 12. Comparación de medias de la biomasa seca de malezas (g/m²) al término de la solarización y durante el desarrollo del cultivo.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	244.16	207.12	267.64	239.64a
40	130.68	112.48	171.24	138.12b
80	39.16	62.6	63.28	55c
Factor B (Media)	138	127.4	167.36	144.24
DMS _{0.05} 6.6130	b	b	a	

C.V.= 21.89%

Sexto muestreo

De acuerdo a los resultados obtenidos y que se presentan en el Cuadro 13, se puede observar que para el factor solarización existe una diferencia significativa, denotándose claramente que el periodo solarizado con mayor tiempo no produjo biomasa debido a que hubo ausencia de malezas; esto debido principalmente al agotamiento del banco de semillas así como la competencia que tuvo con el cultivo, creándose una barrera por el acolchado plástico y el mismo cultivo. El periodo de 40 días de solarización presentó el mismo comportamiento estadísticamente que el periodo de 80 días; sin embargo, a pesar de que se produjo biomasa, tuvo una menor producción en comparación con el testigo. El testigo (no solarizado) fue el que tuvo mayor producción de biomasa, por lo que esto originó problemas indirectos en la producción de brócoli y se puede observar en la Figura 10. En cuanto a dosis de resina de gobernadora, no existe

diferencia estadísticamente significativa, puesto que el ANVA arroja resultados no consistentes en cuanto a la biomasa generada por tratamiento; sin embargo, se muestra en este caso que sigue un patrón que va en relación de menor biomasa con la máxima dosis de resina de gobernadora (40 kg/ha). Esto se puede apreciar gráficamente en la Figura 11.

Cuadro 13. Comparación de medias de la biomasa seca de malezas (g/m²) después de la solarización y durante la cosecha del brócoli.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	267.52	145.24	169.12	193.96a
40	0.00	101.72	43.56	48.44b
80	0.00	0.00	0.00	0.00b
Factor B (Media)	89.16	82.32	70.88	80.8
DMS _{0.05} 34.9241	NS	NS	NS	

C.V.= 206.37%

En relación a esto, en el Cuadro 12 se aprecia que el periodo de 40 días de solarización redujo la biomasa en un 75% en comparación con el testigo y, obviamente, el periodo de 80 días en un 100%.

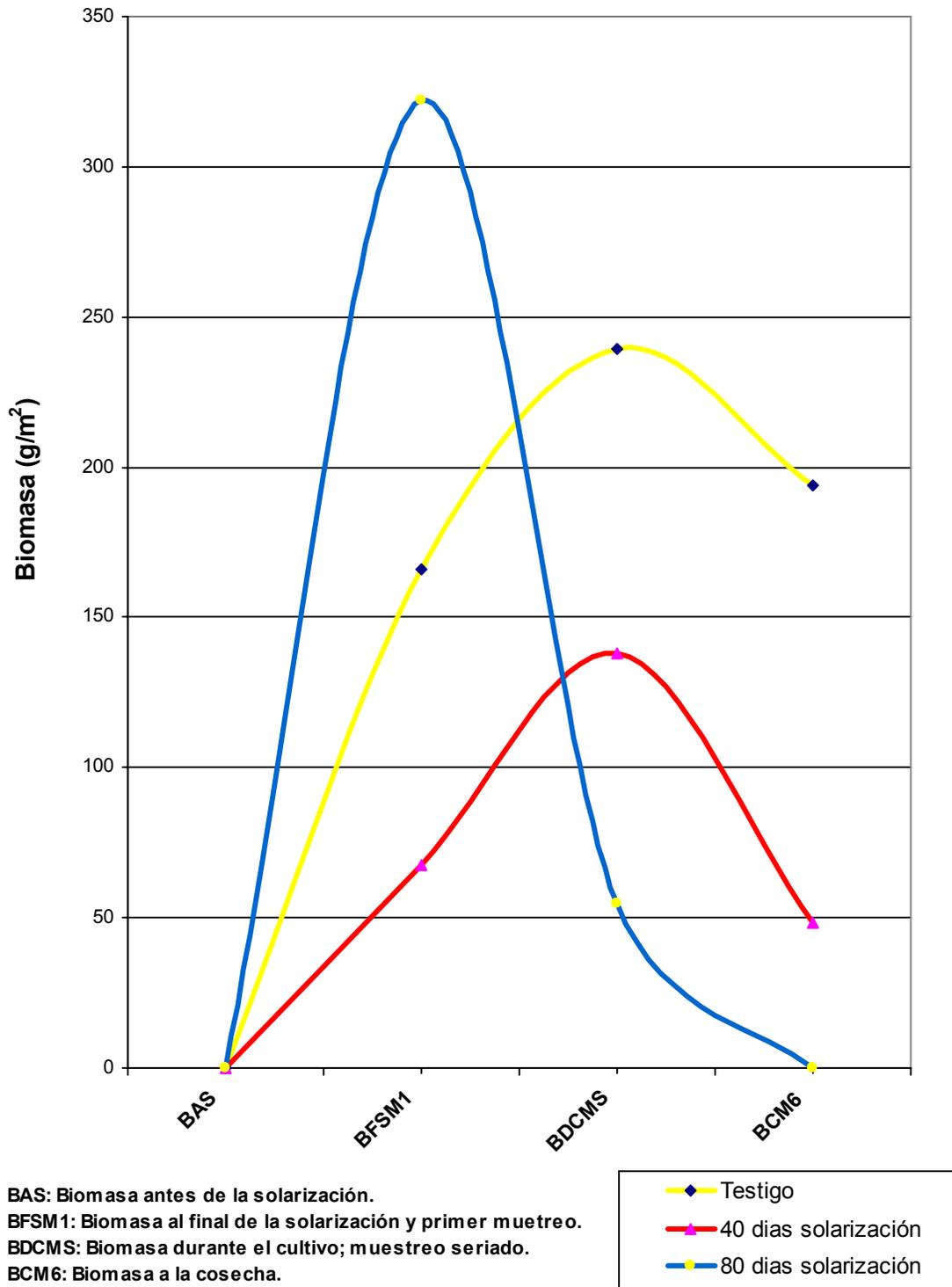


Figura 10. Biomasa seca acumulada de malezas por efecto de la solarización y durante el tiempo de evaluación.

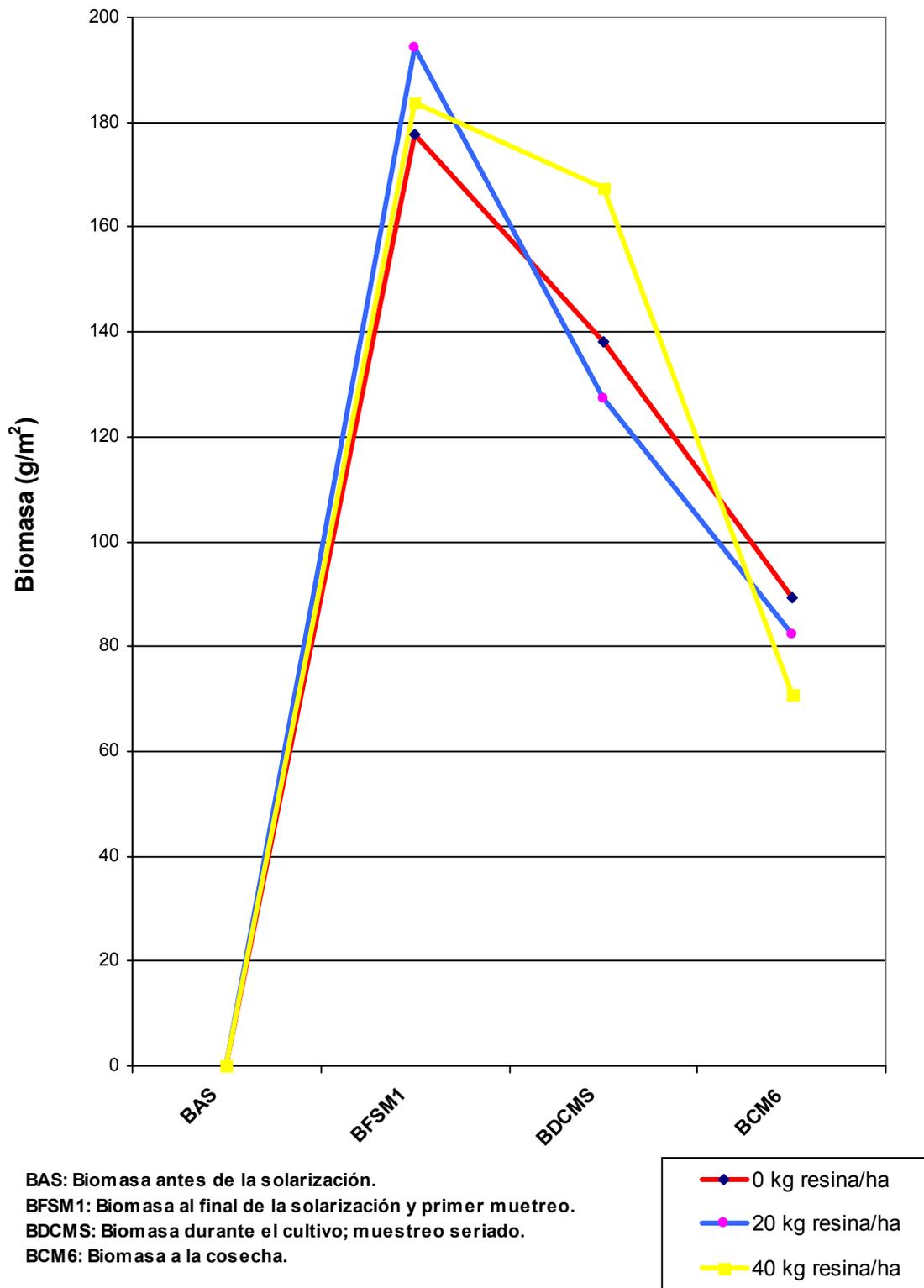


Figura 11. Biomasa seca acumulada de malezas por efecto de la resina de gobernadora y durante el tiempo de evaluación.

3.6. Diversidad de especies de nemátodos presentes en el lote experimental

Con el propósito de conocer previamente el área bajo estudio sobre los componentes de las variables a evaluar para el caso de nemátodos, así como su diversidad y densidad, se procedió a realizar un primer muestreo previo al inicio de la solarización y aplicación de resina de *Larrea tridentata*. Los resultados obtenidos después de que fueron analizadas las muestras en laboratorio presentaron la presencia solo de dos géneros, dentro de los cuales *Rhabditis* fue el que se presentó en la mayoría de los casos, seguido por el género *Dorylaimus* que también se presentó con mucha frecuencia. Estos dos géneros se encontraron en todos los muestreos posteriores al proceso de solarización.

Cabe señalar, que al realizar un estudio sobre los antecedentes del área experimental evaluada en esta investigación, se percató que el suelo del campo experimental del CIQA era un terreno con afectación mínima por nemátodos, puesto que no tenía muchos años de iniciarse como suelo agrícola.

3.7. Densidad de nemátodos antes de la solarización

Parte del análisis de las muestras en laboratorio del primer muestreo realizado, fue la exploración y determinación de la densidad total de nemátodos presentes en el suelo. Estos resultados fueron el patrón de referencia para estimar el efecto residual de la biofumigación a través de las poblaciones de muestreos posteriores. Con tal propósito, se analizaron 6 submuestras, resultando un promedio de 29 nemátodos/100g de suelo como se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Densidad de población de nemátodos por 100g de suelo antes de iniciar la solarización y aplicación de gobernadora.

Unidad experimental	Nemátodos totales
5	54
12	9
15	33
24	21
27	42
32	15
Media = 29	

3.8. Efecto de la solarización y resina de gobernadora en la densidad de nemátodos

Densidad de población de nemátodos después de la solarización

De acuerdo a los resultados que se observan en el Cuadro 15 en relación al primer muestreo realizado al finalizar la solarización se observa que para el factor solarización presenta una marcada diferencia estadísticamente significativa de mayor número de nemátodos en el mayor periodo de solarización (80 días), en comparación con el menor periodo (40 días) y el testigo. Para el caso del factor B (dosis de resina) no existen diferencias estadísticas para densidad de nemátodos, puesto que el aplicar una dosis máxima (40 kg/ha) resulta igual que omitir la aplicación como se observa en el Cuadro 15. Por lo tanto, y en base a las medias de nemátodos resultantes por cada 100 g y la confiabilidad que refleja el coeficiente de variación, no existe interacción entre los dos factores (A y B).

Cuadro 15. Comparación de medias de nemátodos/100g de suelo al finalizar la solarización.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	14.25	8.25	9.00	10.50 b
40	15.00	13.50	10.50	13.00 b
80	21.75	12.75	25.50	20.00 a
Factor B (Media)	17.00	11.50	17.72	14.50
DMS _{0.05} 5.1641	NS	NS	NS	

C.V.= 42.51%

Los resultados que muestra el Cuadro 15 pueden interpretarse por el hecho de que el periodo de solarización superior (80 días) produjo un calentamiento del suelo con mayor estabilidad térmica y por un tiempo más largo, lo que ocasionó condiciones óptimas para que estos organismos pudieran tener una estabilidad densopoblacional; o bien, no emigrar drásticamente a estratos inferiores del suelo. En base a las temperaturas alcanzadas que se registraron, éstas fueron subletales para los nemátodos puesto que no se presentó una reducción poblacional drástica en comparación con la densidad que se reflejó en el muestreo exploratorio que se realizó antes de la solarización y muy a pesar de las poblaciones reducidas que se presentaron, como se muestra en la Figura 12.

Densidad de población de nemátodos durante el desarrollo del cultivo

Como se refleja en el Cuadro 16, durante el ciclo del cultivo presenta la misma tendencia en la densidad de nemátodos que al finalizar el periodo de solarización, es decir, para el caso del factor A (solarización) no se muestra estadísticamente significancia, sino más bien una tendencia de mayor densidad poblacional con el periodo mayor de solarización (80 días) y va en decremento con el periodo menor (40 días) y posteriormente con el testigo. Esta misma tendencia no se muestra para el factor B

(resina de gobernadora), puesto que los resultados no muestran consistencia y por lo tanto la interacción entre los factores (A y B) es nula.

Cuadro 16. Comparación de medias de nemátodos/100g de suelo durante el desarrollo del cultivo de brócoli.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	22.50	27.00	7.50	19.00 NS
40	15.00	18.00	32.25	21.75 NS
80	53.25	14.25	54.00	40.50 NS
Factor B (Media)	30.25	19.75	31.25	27.08
DMS_{0.05}	NS	NS	NS	

C.V.= 114.57%

A pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos (solo ligeras tendencias), la observación de síntomas en plantas de brócoli fue ausente, por lo que claramente se define que la principal razón de esto, fueron las poblaciones tan reducidas que se presentaron en el lote experimental, así como la asociación de las bajas temperaturas que se presentaron durante las noches puesto que llegaba el invierno, sin embargo, gráficamente se puede observar en la Figura 12.

Densidad de población de nemátodos en la cosecha

En el Cuadro 17 se muestra claramente que la tendencia de mayor densidad con periodos de solarización más largos (80 días) se pierde, reflejándose que en el testigo presenta una mayor presencia de nemátodos con diferencias estadísticamente significativas. Para el caso del factor B (resina de gobernadora), no se presentan diferencias estadísticamente significativas y por lo tanto, no existe efecto de ésta en campo. Una posible razón del comportamiento que presenta una densidad poblacional

superior de nemátodos en el suelo no solarizado, es la presencia de malezas, ya que estas son hospederos nativos del área experimental, así como la humedad y plantas del cultivo, lo que proveyó alimento, refugio y condiciones favorables que hicieron emigrar los nemátodos de estratos inferiores a capas superiores cerca de la rizósfera. Una observación gráfica se presenta en la Figura 12.

Cuadro 17. Comparación de medias de nemátodos/100g de suelo durante la cosecha del cultivo de brócoli.

Días de solarización (Factor A)	Resina de <i>Larrea tridentata</i> en kg/ha (Factor B)			Factor A (Media)
	0	20	40	
No solarizado	33.75	58.50	26.25	39.50a
40	9.75	8.25	18.00	12.00b
80	30.75	11.25	36.75	26.25ab
Factor B (Media)	24.75	26.00	27.00	25.91
DMS _{0.05} 19.4083	NS	NS	NS	

C.V.= 89.39%

Los resultados que se mostraron para la densidad de población de nemátodos y para el periodo evaluado se presentan en la Figura 12.

Los resultados obtenidos por Beltrán (2002) son similares a los obtenidos en este experimento, sólo que en nuestro caso con poblaciones mucho más reducidas.

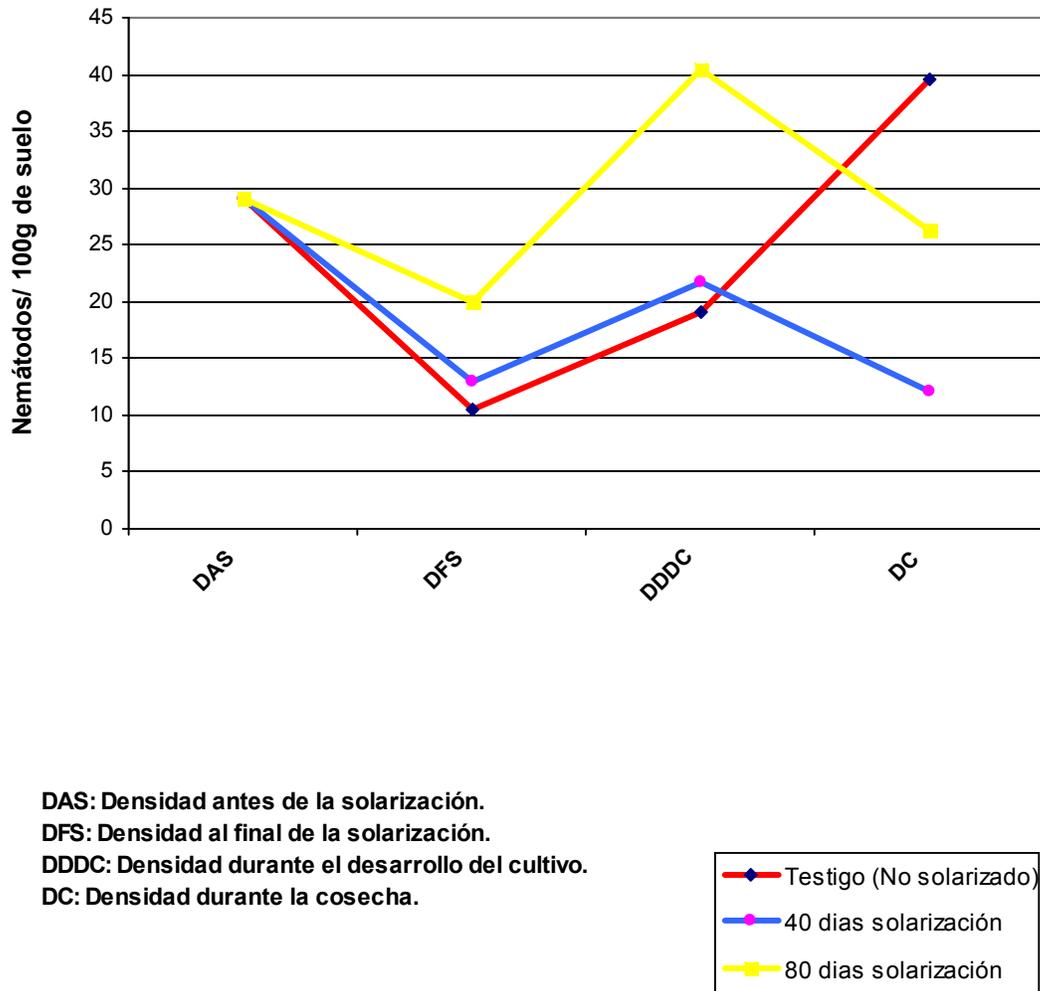


Figura 12. Fluctuación poblacional de nemátodos por efecto de la solarización.

3.9. Efecto de la resina de gobernadora en los nemátodos

Con el objeto de sustentar la información obtenida en campo; y de que solo se muestran ligeras tendencias; se presentan en esta parte los datos de comparación de medias del bioensayo realizado en laboratorio, correspondiente al efecto de la resina de gobernadora en particular, sobre los nemátodos.

El Cuadro 18 muestra la relación de la actividad nematocida y nematostática de la resina de gobernadora sobre la inmovilidad de nemátodos y bajo las dosis evaluadas. Estos resultados se contraponen con los resultados obtenidos en el trabajo de campo, así

como los obtenidos por Beltrán (2002); diferenciándose de que en éste estudio los factores están controlados.

Cuadro 18. Comparación de medias para número de nemátodos inmovilizados por efecto nematicida y nematostático a diferentes dosis de resina de gobernadora.

Dosis (ppm)	Efecto Nematicida	Efecto Nematostático
Testigo	7e	0a
1000	14d	2a
2000	20c	1a
4000	28.3a	0a
8000	24b	4a
Mocap	30a	0a
	C.V.= 8.03%	C.V.= 154.28%

Como se puede observar en el Cuadro 18, existe un efecto nematicida muy marcado con el extracto etanólico de la resina de gobernadora en laboratorio, en comparación con los resultados obtenidos en campo. Los datos claramente nos muestran que aplicaciones superiores a las 4000 ppm, los resultados son estadísticamente iguales a los obtenidos con el producto comercial “Mocap” como se muestra gráficamente en la Figura 13. Sin embargo, los resultados del efecto nematostático no son muy consistentes, puesto que existe mucha divergencia y el coeficiente de variación es muy alto, por lo que la confiabilidad es muy reducida.

Parte de la posible explicación que se podría expresar con respecto a las diferencias del efecto producido en campo y en laboratorio, corresponde en primer lugar a las condiciones controladas que se tienen en el laboratorio en comparación con las de campo. Sin embargo, una razón más explícita podría indicar que la falta de formulación del extracto de la resina así como que es un producto orgánico vegetal de rápida descomposición, lo que ocasiona una degradación rápida de la molécula del ingrediente activo en campo, lo que originó que en este experimento sólo se mostraron tendencias con respecto al efecto producido en campo y marcados efectos en laboratorio para el caso de los biensayos en semillas y nemátodos, principalmente. Con base en esto,

posiblemente sea necesario establecer una estabilidad molecular del extracto de la resina de gobernadora y necesariamente a través de coadyuvantes o con adición de cloros en su molécula para poder observar cambios y efectos grandemente diferenciales en las poblaciones de nemátodos que se presentan como plagas.

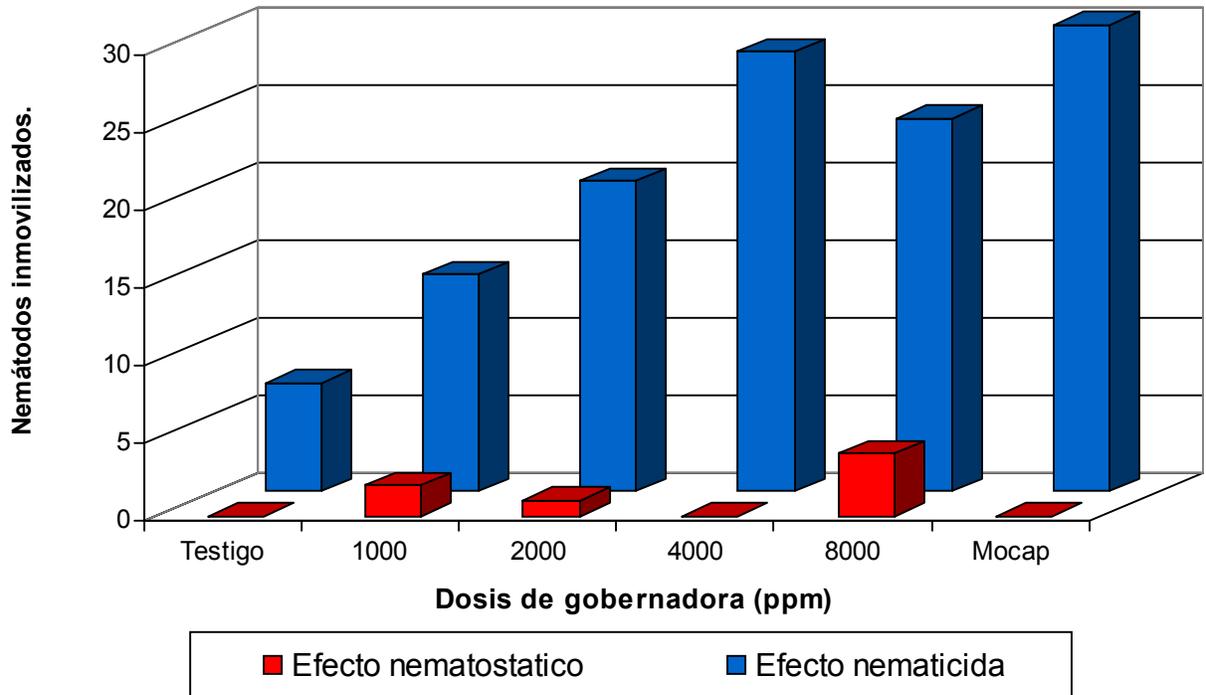


Figura 13. Actividad nematocida y nematostática de la resina de gobernadora.

Por otro lado y en cuanto al efecto nematocida que posee la resina de gobernadora, y en base a los resultados obtenidos, el aplicar dosis superiores a las 4000 ppm de resina en campo, económicamente resultaría no aplicable, puesto que incurriría en altos costos de formulación y aplicaciones superiores a las 12 toneladas por hectárea.

3.10. Efectos de la solarización y resina de gobernadora en el rendimiento de brócoli

Los resultados del análisis de varianza así como la prueba DMS demuestran con claridad que para la variable rendimiento en toneladas por hectárea con el factor A

(solarización) existen diferencias altamente significativas; no presentando consistencia ni significancia estadística para el factor B (resina de gobernadora). La comparación de medias para los tratamientos muestra que el rendimiento en t/ha en los tratamientos solarizados se incrementó de un 20 a casi un 25 % más que los tratamientos no solarizados, como se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Rendimiento (t/ha) del cultivo de brócoli por efecto de la solarización y resina de gobernadora.

Tratamientos	Rendimiento (t/ha)
*80/40	25.58a
80/20	22.79bc
80/0	27.08a
40/40	25.94a
40/20	27.06a
40/0	25.31ab
0/40	21.04cd
0/20	19.95d
0/0	21.92cd
C.V.	7.37%
DMS	3.14

*0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

Los efectos obtenidos por el factor A (solarización) se presentan bien marcados, puesto que el incremento en promedio de inflorescencias está mostrado muy diferencialmente entre las unidades solarizadas y no solarizadas. Este incremento va de casi un 25% (5-6 t/ha) solo por efecto del factor A; sin embargo, el efecto por el factor B es nulo, es decir, no hay consistencia en los resultados para definir con claridad el efecto sobre esta variable, como se muestra en el Cuadro 18 y gráficamente en la Figura 14.

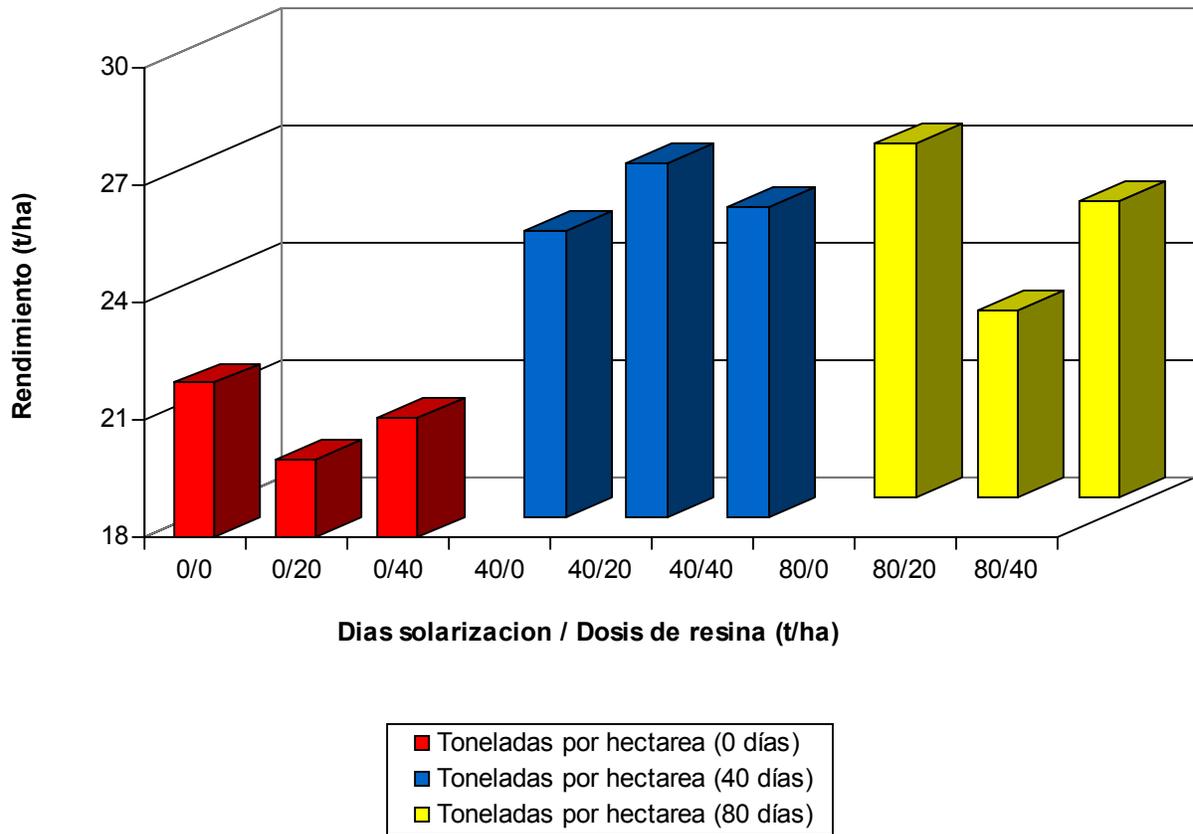


Figura 14. Rendimiento de brócoli en función de la interacción solarización y resina de gobernadora.

El efecto reflejado en los resultados para rendimiento de brócoli presenta un impacto económico positivo y bien marcado con el uso del acolchado plástico transparente, puesto que solo con la incorporación de éste, los rendimientos son claramente superiores a los que se producen comercialmente en campo y sin el uso de esta técnica alternativa. Incrementos en rendimiento de cultivos hortícolas por efecto de la solarización han sido reportados por diversos autores (Ioannou, 2000; Ioannou, 2001).

CONCLUSIONES

- El acolchado plástico transparente utilizado para solarizar el suelo generó temperaturas subletales para nemátodos y malezas en el ciclo otoño-invierno, y para las condiciones ambientales de la zona experimental, las más altas se registraron en el mes de Septiembre.
- La solarización tuvo un efecto directo en la respuesta que presentó la densidad y biomasa seca producida por malezas; así como en la densidad de nemátodos; sin embargo, esto no resultó ser igual para la resina de gobernadora, por lo que no existió efecto potenciador de la resina incorporada al suelo en relación al control de malezas y nemátodos en campo.
- No se manifestó un efecto directo de la resina de gobernadora en el banco de semillas, sin embargo, el bioensayo realizado en laboratorio demostró tener un efecto directo sobre la longitud de radícula y plúmula y no sobre la germinación de semillas en particular.
- La resina de gobernadora evaluada en laboratorio con nemátodos, demostró tener un efecto nematocida bien marcado; por el contrario, los resultados obtenidos en campo no reflejan el mismo efecto, debido principalmente a las poblaciones reducidas que se presentaron.
- La película de polietileno transparente utilizada para solarizar así como empleada también como acolchado plástico, mostró tener un efecto altamente significativo en el rendimiento del cultivo de brócoli; no presentando el mismo efecto con la adición de resina de gobernadora y su interacción como un efecto sinérgico para el control de malezas y nemátodos en el área experimental.

LITERATURA CITADA

- Abadía, M. M. T. 1999. No tillage sweet corn production following solarized faba bean and effect of *Orobanche* seeding. Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Egypt. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo, 50 (3): 416-435.
- Aballay, V.; E. Macaya J. 2001. In vitro nematicidal of aqueous plant extracts on Chilean populations of *Xiphinema americanum* sensu lato. Nematropica. 31(1): 47-54.
- Alexander, R.T. 1990. Proceedings of the Forty-Third New Zealand Weed and Pest Control Conference. Pp. 270-273.
- Arora, A. and N. T. Yaduraju., 1998. High-temperature effects on germination and viability of weed seeds in soil. India Journal of Agronomy and Crop Science. 181 (1): 35-43.
- Aviña, G.M.E. 1995. Fenología, Fenometría y Rendimiento en Calabacita con Acolchado Plástico, cubiertas flotantes y Ethrel. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 94pp.
- Baca, M.J. 1997. Nemátodos asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* en Tapalpa, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 97pp.
- Balvantin, G. G. F. 2002. Extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* y su efecto inhibitorio en el crecimiento *in vitro* del hongo *Pythium* sp. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. 51pp.
- Barbour, M. G.G, Cunningham, W. C. Oechel, and S. A Bomberg. 1997. Growth and development, form and function. In: Heingiker, J. H. and D.R Difeo, (Eds.) Creosote bush: biology and chemistry of *Larrea* in New World Deserts. Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania. Pp. 48-91.
- Bawazir, A. A., A. K. Rowaished and A. A. Bayounis. 1995. Influence of soil mulching with sawdust and transparent polyethylene on growth and yield of okra and weed control. Arab-Journal of Plant Protection. 13(2): 89-93.
- Belda, E. J. y J. Lastres. 2002. Los reglamentos específicos de producción integrada en cultivos hortícolas bajo abrigo: Desarrollo de aspectos generales. Laboratorio y departamento de sanidad vegetal de Almería. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Bello, A., J.A. González, M. Arias and R. Rodríguez-Kábana. 1998. Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. Phytoma-España, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 404pp.

- Beltrán, G. F. 2002. Biofumigación con solarización y extracto de resina de *Larrea tridentata* Coville para el control de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de chile. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 52pp.
- Bennett, E. L. and J. Bonner., 1953. Isolation of plant Growth Inhibitors from *Thamnosma* Montana. Am. J. Bot. 40: 29-33.
- Bertolino, R. 1999. Alternatives to methyl bromide for soil desinfection. Colture-Protette. P. 28-63.
- Brinker, F. 1993. *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral o creosote bush). British Journal of Phytotherapy. 3(1): 10-31.
- Campiglia, E., O. Temperini and R. Mancinelli., 1998. Soil solarization in the Mediterranean environment: effect on weed control and yield of cos lettuce (*Lactuca sativa* L. var. longifolia Lam.). Dipartimento di produzione vegetale. Università degli studi della Tuscia, Viterbo, Italy. 5: (3): 36-42.
- Campos, L. E, T. J. Mabry and S. F. Tavison. 1979. *Larrea*. Serie El Desierto. Vol. 2. Centro de Investigación en Química Aplicada-Comisión Nacional de Zonas Áridas. Saltillo, Coahuila, México. 411p.
- Campos, L.E. 1982. Avalúo de la tecnología del Guayule en México. Ciencia y Desarrollo 47: 21-36.
- Cartia, G, E. Schiliro, A. Colombo, E. Buonocore, G. Campo and S. Privitera. 1999. Solarization and fenamiphos to contain damage caused by *Ditylenchus dipsaci* on carrot. Informatore-Agrario. 55(29): 71-74.
- Chellemi, D.O. and S.M. Olson 1994. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in Northern Florida. Plant. Dis. 78: 1167-1172.
- Chon, HanShik; Park, HaJin; Yeo, SuGab; Park, SoDeuk; Choi, Young, Eoun; Chon-HS; Park-HJ; Yeo, S.G.; Park, S.D; Choi, Y.E. 1996. Technical development for control of soil nematodes (*Meloidogyne* spp.) on oriental melon in plastic film house. Journal of Agricultural Science. Crop Protection. 38(2): 401-407.
- Coyle, J. and N. C. Roberts. 1975. A field guide to the common and Interesting Plants of Baja California. Natural History Pub. Co. La Jolla, California.
- Crespo, M.A. 2001. El Control Biológico de los Fitonemátodos: Una Alternativa al Uso de Nematicidas y Cultivos Transgénicos. PROBIOMA. MAELA. Santa Cruz, Bolivia.
- Cross, J.; A.M. Berrie and M. Ryan. 1994. Progress toward integrated plant protection in strawberry production in the United Kingdom. Brighton Crop Protection Conference. Pest and diseases 2: 725-730.

- Crozzoli, R. 1990. Utilización de aldicarb y carbofuran para el control del nemátodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*). Fitopatología. Venezuela. 3:9-10.
- Cruz, B.J. 2002. Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* para el Control de Hongos y Algas Fitopatógenas del Suelo y su Efecto en el Daño Radicular del Cultivo de Chile. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coah. México.
- Devay, J.E. 1995. Solarization: An environment-friendly technology for pest management. Arab Journal of Plant Protection. 13(2): 97-102.
- Dirección General de Operaciones P. 2002. Claridades Agropecuarias. Canasta agropecuaria No. 104. ASERCA.
- Economou, G.,G. Mavrogiannopoulos and A. Paspatis. 1997. Soil solarization for controlling *Avena sterelis*, *Bromus diandrus* y *Sinapsis arvensis* in greenhouse in Grece. Second International Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soilborne Pest. CARDA, Aleppo, Syria.
- Egley, G. H. 1983. Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. Weed Science 31:404-409.
- Egley, G. H. 1990. High-temperature effects on germination and survival of weed seeds in soil. Weed-science. 38: 429-435.
- Elakovich, S.D. and K.L. Stevens. 1985. Phytotoxic Properties of Nordihydroguajaretic Acid-A Lignan from *Larrea tridentate* (Creosote Bush). J. Chem. Ecol. 11(1): 27-34.
- Elmore, L.L.,; J.J. Stapleton; E.J. DeVay and C.E. Bell. 1997. Soil Solarization, a nonpesticidal method for controlling diseases, nematodes and weeds. University of California. USA. Publication 21377. 13pp.
- Fernández, S.; M.L. Hurtado and F. Hernández. 1979. Fungicidal Components of creosote Bush Resin. Advances in Pesticide Science. Part 2. Press Oxford, USA. P.351-355.
- Fiume, F. 1995. Effect of soil solarization on root-knot nematodes and yield and earliness of lettuce in glasshouse., Nematologia Mediterranea. 23: 135-142 (Suppl).
- Fuente, P; E. Aballay and J.R. Montealegre. 1997. Soil solarization and fumigation for the control of nematodes in a monocultivated soil with tomatoes. Fitopatología. 32(1): 32-42.
- Gamliel, A. and J.J. Stapleton. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. Phytopathology 83: 899-905.

- García, M.E. 1997. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (adaptada a las condiciones de la Republica Mexicana). Cuarta edición. Limusa. México.
- Gómez, L.R.F. 1994. Efecto de las películas plásticas fotoselectivas para acolchado de suelos en calabacita *Cucurbita pepo* L. cv zucchini Gray. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 80p.
- Greco, N. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematropica* 23: 213-220.
- Grinstein y Austher. 1991. Solarización: Una técnica de desinfestación de suelos. Nuevas tecnologías agrícolas. Tercer Congreso Nacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Puerto Vallarta Jal. Mexico.
- Guzmán, G.L. 2002. Efecto antifúngico de Extractos Etanólicos y Clorofórmicos de Resina de Gobernadora (*Larrea tridentata*) de los Desiertos Chihuahuense y Sonorense sobre *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 45pp.
- Haidar, MA; N. Iskandarani; M. Sidahmed and R. Baalbaki. 1999. Response of field dodder (*Cuscuta campestris*) seeds to soil solarization and chicken manure. Faculty of Agricultural and Food Sciences. American University of Beirut, Beirut, Lebanon. 18(4): 253- 258.
- Herrera, C.R; E. Aballay and A.J.R. Montealegre. 1999. Effect of lengthy solarization on the survival of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in a monoculture of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Fitopatología* 34(2): 63-68.
- Huerta, de la P.A. 1986. Acción Nematicida de la resina de gobernadora *Larrea tridentata* Coville en el Guayule *Parthenium argentatum* Gray bajo cultivo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 94pp.
- Ioannou, 2000. Soil Solarization as a Substitute for Methyl Bromide Fumigation in Greenhouse Tomato Production in Cyprus. *Phytoparasitica*. 28(3): 248-256.
- Ioannou, 2001. Integrated soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. *Plant Pathology and Biotechnology. Journal of Horticultural Science Biotechnology*. 76(4): 396-401.
- Katan, J., A. Greenberger, H. Alon and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology*. 66: 683-688.
- Katan, J. and Devay J.E. 1991. Soil solarization. CRC Press. Boca Raton, USA.

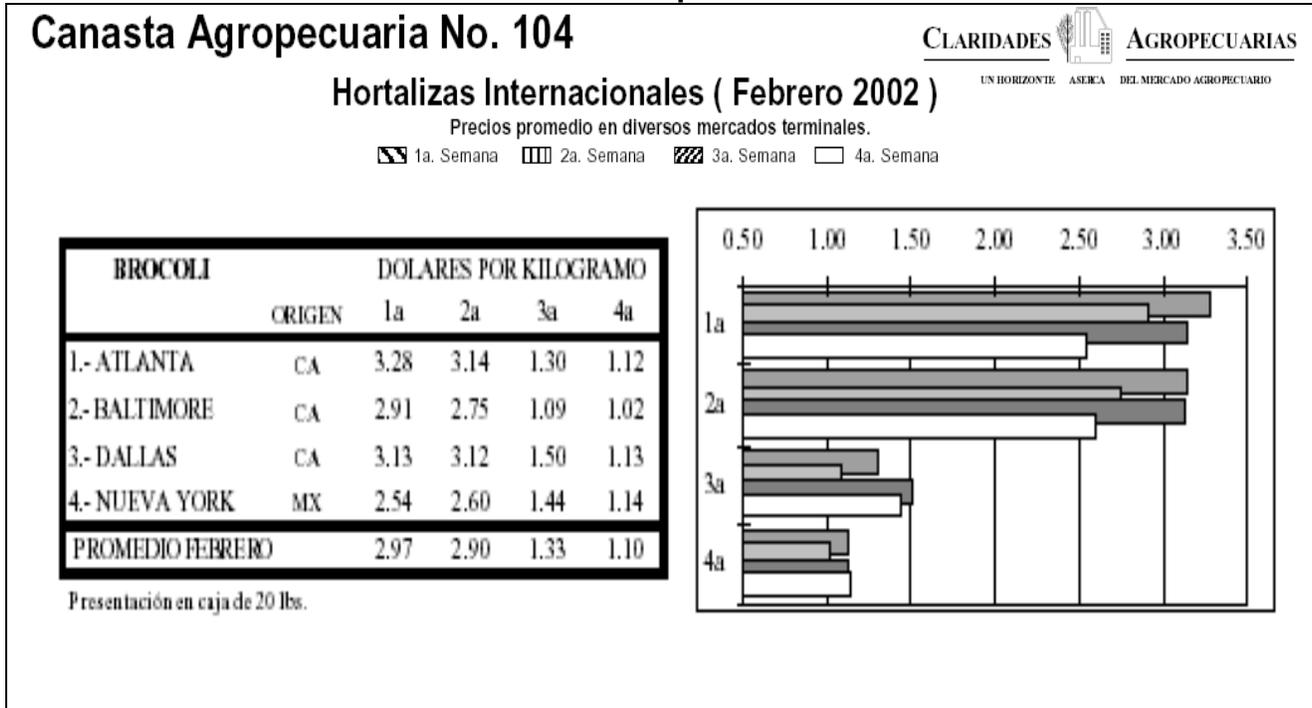
- Lira, S. R. H., A. R. Gamboa y C. Villarreal. 2001. Plasticidad genotípica de extractos metanólicos de *Larrea tridentata* y su efecto inhibitorio sobre *Fusarium oxysporum* *in vitro*. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Querétaro, Qro. P 58.
- Lira, S.R.H. 2002. Hidrosoluble extracts of *Larrea tridentata* from two desertic zones in the north of Mexico and their inhibitory effect on *Fusarium oxysporum*. *PHYTON International Journal of experimental botany*. 2002: 167-172.
- López, E, y L. Jiménez. 1995. Solarización de suelo y su influencia sobre la presencia de malezas en el cultivo de melón. Congreso Nacional de Horticultura. Sonora México. P 39.
- Malculm, C. Shurtleff and Charles W. Averre III. 2000. Diagnosing plant diseases caused by nematodes. APS Press. St. Paul, MN.187pp.
- Montes, B.R. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis Retrospectivo de Investigaciones. 18(12): 125-131.
- Moya, M. and G. Furukawa. 2000. Use of Solar Energy (Solarization) for Weed Control in Greenhouse Soil for Ornamental Crops. Universidad de Buenos Aires. Argentina 53: 34-37.
- Munro, O. D. *et al.* 1987. Avances de la investigación en el uso de plásticos en la producción de melón. INIFAP-CIFAP. Michoacán. CEFAPVA. P 23.
- Narro, C.A. 1985. El acolchado de suelos, metodología y riego en el cultivo del chícharo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coah., México. 141p.
- Nasr, Esfahani, M. and A.R. Ahmadi. 1997. Studies on the effect of soil solarization, manure and their integration on root-knot and total nematode populations in cucumber fields. *Applied Entomology and Phytopathology* 65(1): 18-20.
- OIRSA. 1999. Fitosanidad en Pitahaya. Proyecto regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no tradicional. Managua, Nicaragua.
- O'Neill, T. 1997. Soil Desinfestation Alternatives for Methyl Bromide. *Agronomist* 1:4-6.
- Palumbo, A.D.; Morral; M. Billoto; S. Picascia and V. Magnifico. 1997. Lettuce: a comparison of solarization and bromofumigation. *Colture Protette* 26(10): 81-87.
- Patterson, D. T. 1998. Suppression of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) with polyethylene film mulch. *U.S.* 12:(2): 275-280.

- Posos, P. P. 2001. Principales malezas en el cultivo de la caña de azúcar en México. CD. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.
- Productores de Hortalizas, Marzo de 1998. Publicación México 9:13-14.
- Productores de Hortalizas, Abril del 2002. Publicación México. 7:24-26.
- Pullman, G.S.; J.E. DeVay and R.H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature to four soilborne pathogens. *Phytopathology*. 71: 959-964.
- Pullman, G.S.; J.E. DeVay; R.H. and A.R. Weinhold. 1981. Soil solarization effects on *Verticillium* wilt and soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp, *Rhizoctonia solani*, and *Thielaviopsis basicola*. Disease control and pest management. 71 (9): 954-959.
- Randig, O; C.A.B. Medeiros and C.A. Sperandio. 1998. Effects of soil disinfestations by solar energy on nematodes. *Nematologia Brasileira*. 22(1): 1-11.
- Ristaino, J.B.; K.B. Perry and R.D. Lumsden. 1991. Effect of solarization and *Gliocladium virens* on sclerotia of *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. *Phytopathology*. 81 (10): 1117-1124.
- Rodman, J.E., P.S. Soltis, D.E. Soltis, K.J. Systma, and K.G. Farol. 1998. Paracell evaluation of glucosinolate biosynthesis inferred from congruent nuclear and plastid gene phylogenies. *Amer J. Bot.* 85: 997-1006.
- Rosa, E.A.S. and A.S. Rodriguez. 2001. Total and individual Glucosinolate content in 11 brocoli cultivars grown in early and late seasons. *Hortscience* 36(1):56-59.
- Rosa, E.A.S., R.K. Heaney, G.R. Fenwick and C. Portas. 1997. Glucosinolates in crop plants. *Hort. Rev.* 19:99-215.
- Sakakibara, M. and T.J. Mabry. 1975. A New 8-hydroxyflavonol from *Larrea tridentata* *Phytochem.* 14(20): 97-98.
- Sánchez, O.M. R. 2002. Acción antifúngica *in vitro* sobre *Alternaria solani* de cuatro extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* de los desiertos chihuahuense y sonoreense. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. 55pp.
- Sauerborn, J. and M.C. Saxena. (1990). Control of faba bean nematodes by soil solarization in Syria. *Arab Journal of Plant Protection*. 8(1): 38-40.
- Stapleton, J.J. and J.E. DeVay. 1986. Soil solarization: A non-chemical approach from management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*. 5: 190.

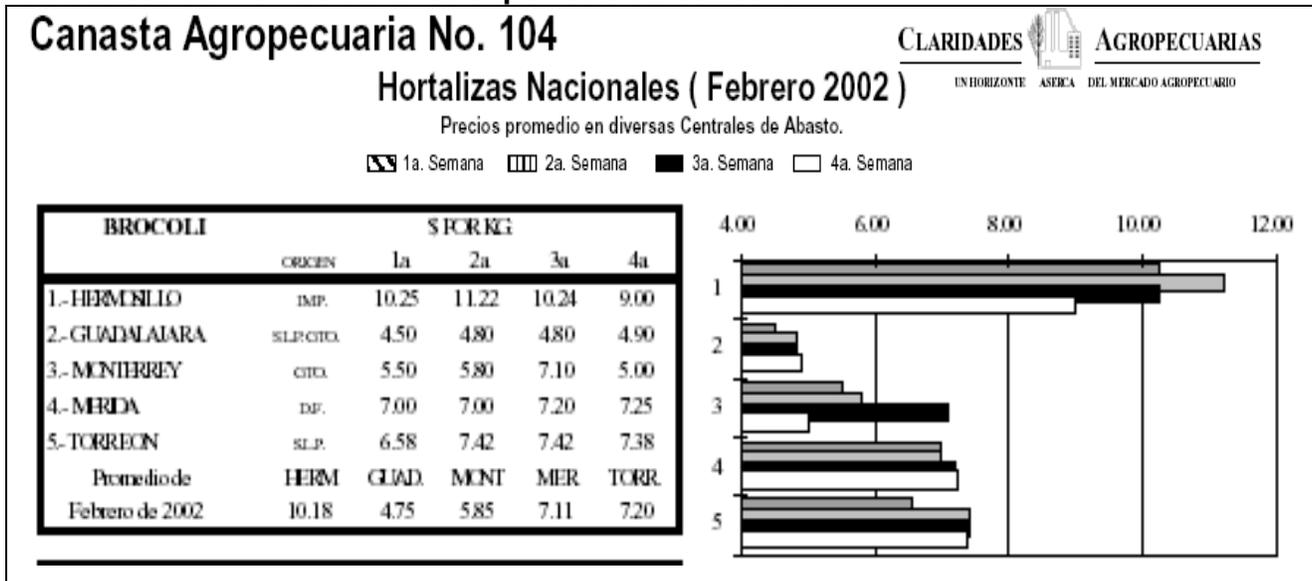
- Stapleton, J.J.; C.L. Elmore and J.E. DeVay. 2000. Solarization: An Environment-friendly Technology for Pest Management. Arab Journal of Plant Protection. 13 (2): 97-102.
- Tapia, T. J. C. 2002. Efecto de la solarización e incorporación al suelo de resina de gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 63p.
- Timmermann, N. 1979. Larrea, Potential Uses. Larrea. CIQA-CONACYT, Saltillo, Coah. México. pp. 237-245.
- Stevens, C. 1990. Soil solarization and Dacthal: influence on weeds, grows, and root microflora of colares. Hortscience 25(10):1260-1262.
- Sudha, T.H.V. Nanj app and S. Udikeri. 1999. Soil solarization for weed control in chili and capsicum nursery. Department of Agronomy. University of Agricultural Sciences. Dharwad, Karnataka, India. Crop Research Hisar. 17(3): 356-362.
- Valadéz, L.A. 2001. Producción de Hortalizas. Limusa. México. 208 p.
- Vargas, A. I.; B. S. Araujo y T.M.A. Martínez. 1997. Efecto de extractos de plantas sobre el crecimiento y producción de aflatoxinas de *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*. Revista Mexicana de Fitopatología. 5(2): 90-95.
- Velásquez, M.J. 1983. Evaluación del Poder Bactericida o Bacteriostático de la Fracción Etanólica de la Resina de la Gobernadora contra las Bacterias Fitopatógenas: *Erwinia amilovora*, *Erwinia atroseptica* y *Pseudomonas sp.* Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México.
- Villarreal, Q. J. A. 1999. Malezas de Buenavista Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 269 p.
- Yucel, S.; H. Pala; S. Cali; A. Erkilic and R. Albajes. 2000. Combination of *Trichoderma* spp. and soil solarization to control root rot diseases of cucumber in greenhouse conditions. IOBC-WPRS Working Group. Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate. Proceedings of the Meeting, Antalya, Turkey. 23(1): 78-81.

APENDICE

Cuadro A-1. Relación de precios promedio de venta de brócoli en diversos mercados terminales de E. U. A. durante el periodo de cosecha.



Cuadro A-2. Relación de precios promedio de venta de brócoli en diversas centrales de abasto de México durante el periodo de cosecha.



Cuadro A-3. Relación del incremento de utilidades por uso de acolchado plástico para solarizar, durante la cosecha de brócoli en febrero 2002.

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)	Costos promedio por hectárea de plástico y cintilla. (Pesos)	Precios promedio del mes Febrero E.U.A. (Dólares/kg)	Precios promedio del mes Febrero México. (Pesos/kg)	Ingreso en dolares.	Ingreso en pesos.	Utilidad por uso de Solarización. Pesos
0/0	21.92	\$ 8000.00	\$ 2.075.0	\$ 7.018.0	\$45,484.0	\$153,834.0	--
0/20	19.95	"	"	"	\$41,396.0	\$140,009.0	--
0/40	21.04	"	"	"	\$43,658.0	\$147,658.0	--
40/0	25.31	\$ 8000.00	\$ 2.075.0	\$ 7.018.0	\$52,518.0	\$177,625.0	\$169,625.0
40/20	27.06	"	"	"	\$56,149.0	\$189,907.0	\$181,907.0
40/40	25.94	"	"	"	\$53,825.0	\$182,046.0	\$174,046.0
80/0	27.08	\$ 8000.00	\$ 2.075.0	\$ 7.018.0	\$56,191.0	\$190,047.0	\$182,047.0
80/20	22.79	"	"	"	\$47,289.0	\$159,940.0	\$151,940.0
80/40	25.58	"	"	"	\$53,078.0	\$179,520.0	\$171,520.0

Cuadro A-4. Cantidad de semillas producidas por algunas malezas.

Nombre común	Semillas / planta
Gramma	7,160,000
Trigo negro	11,900
Mostaza silvestre	2,700
Vadana rizada	29,500
Cúscuta de campo	16,000,000
Kochia	14,600
Chenopodium	72,450
Alfalfa negra	2,350
Gordolobo	223,300

Cyperus (coquillo)	242,000
Avena silvestre	25,000
Quelite	11,740,000
Platanillo de hoja ancha	36,150
Primavera del atardecer	118,500
Verdolaga	52,300
Ambrosia comun	338,000
Pimienta de Pennsylvania	3,140
Escobilla	11,000
Bolsa del pastor	3,850,000
Euforbia	1,400,000
Hierba hedionda	8,210,000
Girasol comun	7,200,000
Cardo de canada	68,000

Cuadro A-5. Géneros y nombres comunes de nemátodos fitoparásitos (Malculm et al., 2000).

Géneros	Nombres comunes
<i>Anguina</i>	Nemátodos formadores de agallas en la semilla.
<i>Aphelenchoides</i>	Nemátodos defoliadores o de las hojas.
<i>Belonolaimus</i>	Nemátodos punzadores.
<i>Bursaphelenchus</i>	Nemátodo de la madera de pino (<i>B. xylophilus</i>).
<i>Criconemella</i>	Nemátodos anillados.
<i>Ditylenchus</i>	Nemátodos de los bulbos y tallos.
<i>Dolichodorus</i>	Nemátodo punza.
<i>Globodera</i>	Nemátodo del quiste redondo.
<i>Helicotylenchus</i>	Nemátodo espiral.
<i>Hemicycliophora</i>	Nemátodo de la vaina.
<i>Heterodera</i>	Nemátodos del quiste en forma de limón.
<i>Hirschmanniella</i>	Nemátodos de la raíz del arroz.
<i>Hoplolaimus</i>	Nemátodo lanza.
<i>Longidorus</i>	Nemátodos agujas.

<i>Meloidodera</i>	Nemátodos enquistadores.
<i>Meloidogyne</i>	Nemátodos formadores de nódulos de la raíz.
<i>Nacobbus</i>	Nemátodos falsos formadores de nódulos de la raíz.
<i>Paratrichodorus</i>	Nemátodos formadores de la raíz achatada.
<i>Paratylenchus</i>	Nemátodo alfiler.
<i>Pratylenchus</i>	Nemátodo lesionado de la raíz o lesionado.
<i>Radopholus</i>	Nemátodos barrenadores.
<i>Rhadinaphelenchus</i>	Nemátodo del anillo rojo del cocotero (<i>R. cocophilus</i>).
<i>Rotylenchulus</i>	Nemátodos reniformes.
<i>Rotylenchus</i>	Nemátodo espiral (<i>R. buxophilus</i>).
<i>Scutellonema</i>	Nemátodos espirales.
<i>Trichodorus</i>	Nemátodos formadores de la raíz achatada.
<i>Tylenchorhynchus</i>	Nemátodo atrofiador.
<i>Tylenchulus</i>	Nemátodo de los cítricos (<i>T. semipenetrans</i>).
<i>Xiphinema</i>	Nemátodo daga.

Cuadro A-6. Pérdidas estimadas a nivel mundial del rendimiento anual en diversos cultivos a causa de los nemátodos. Passer (1989) citado por Malculm *et al.*, (2000).

Nombre común	Nombre científico	Pérdidas (%)
Banana	<i>Musa spp</i>	19.7
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	6.3
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.5
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	8.4
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	13.7
Cítricos	<i>Citrus spp</i>	14.2
Cocotero	<i>Cocos nucifera</i>	17.1
Cafeto	<i>Coffea spp</i>	15.0
Maíz	<i>Zea mays</i>	10.2
Algodón	<i>Gossypium spp</i>	10.7
Frijol	<i>Vigna unguiculata</i>	15.1
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	16.9
Haba	<i>Vicia faba</i>	10.9

Forraje, legumbres	Varios géneros	8.2
Uva	<i>Vitis spp</i>	12.5
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	10.8
Melón	<i>Cucumis melo</i>	13.8
Mijo	<i>Eleusine</i>	11.8
Avena	<i>Avena sativa</i>	4.2
Okra	<i>Abelmoschus esculentus</i>	20.4
Ornamentales	Varios géneros	11.1
Papaya	<i>Carica papaya</i>	15.1
Cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i>	12.0
Chile	<i>Capsicum annum</i>	12.2
Garbanzo rojo	<i>Cajanus cajan</i>	13.2
Piña	<i>Ananas comosus</i>	14.4
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	12.2
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	10.0
Centeno	<i>Secale cereale</i>	3.3
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	6.9
Soya	<i>Glycine max</i>	10.6
Remolacha azucarera	<i>Beta vulgaris</i>	10.9
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	15.3
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	10.2
Té	<i>Camellia sinensis</i>	8.2
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	14.7
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	20.6
Trigo	<i>Triticum spp</i>	7.0

Cuadro A-7. Comparación de medias de materia seca a lo 54 d.d.t. de componentes de las plantas de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Materia seca (gramos/planta)				
Trat.	Hojas	Tallo	Pecíolo	Raíz
80/40	27.37abcd	5.47a	7.52ab	1.86abc
80/20	34.92a	5.26a	8.67a	2.46a
80/0	31.36ab	3.68cd	5.52bcd	1.73bcd
40/40	29.62abcd	4.68abc	6.62abc	1.88ab
40/20	28.63abcd	4.96ab	7.00ab	1.54bcd
40/0	30.68abc	4.82abc	7.63 ^a	1.68bcd
0/40	22.12cd	3.38d	4.22d	1.25cde
0/20	20.92d	3.08d	3.47d	0.79e
0/0	23.79bcd	3.73bcd	4.86cd	1.14de
Sig.	**A	**A	**A	**A
C.V.	22.79	19.81	23.17	27.04
DMS (0.05)	9.17	1.24	2.08	0.05

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-8. Comparación de medias de materia seca a los 69 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Materia seca (gramos/planta)					
Trat	Hojas	Tallo	Pecíolo	Raíz	Flor
80/40	45.44ab	9.80a	19.24a	5.63ab	1.04a
80/20	47.10a	9.43a	19.15a	5.92ab	0.85ab
80/0	49.99a	9.80a	19.09a	6.31a	1.06a
40/40	46.63ab	9.48a	15.94abc	5.40b	0.85ab
40/20	48.71a	9.73a	17.41a	5.59ab	1.37a
40/0	46.26ab	9.29a	16.73ab	5.55b	0.82ab
0/40	34.96c	5.64b	10.37d	3.80c	0.21c
0/20	39.63bc	6.79b	12.83bcd	4.31c	0.36bc
0/0	39.15bc	6.64b	12.39cd	4.00c	0.28bc
Sig.	**A	**A	**A	**A	**A
C.V.	11.51	15.16	18.03	9.76	54.06
DMS (0.05)	7.38	1.87	4.16	0.73	0.59

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-9. Comparación de medias de materia seca a los 84 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Materia seca (gramos/planta) .					
Trat.	Hoja	Tallo	Pecíolo	Raíz	Flor
80/40	69.50b	20.60ab	29.48cd	8.84bc	20.76ab
80/20	70.76a	20.69ab	30.67bc	9.37bc	20.16b
80/0	78.45a	22.39a	34.36a	10.89a	22.78a
40/40	68.36b	18.02c	32.78ab	8.74bc	20.08b
40/20	62.22b	19.50bc	27.63de	9.92ab	21.57ab
40/0	63.47b	18.73c	25.97e	9.41ab	20.79ab
0/40	50.13c	13.58d	20.18f	6.58d	7.47c
0/20	47.47c	12.98d	19.07f	7.86cd	6.68c
0/0	51.65c	12.51d	18.50f	6.77d	6.71c
Sig.	**A	**A	**A	**A	**A
C.V.	9.80	7.01	13.61	11.97	10.37
DMS (0.05)	8.87	1.79	2.52	1.51	2.55

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-10. Comparación de medias de materia seca del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Materia seca (gramos/planta) a los 99 d.d.t.					
Trat.	Hojas	Tallos	Peciolos	Raíces	Flor
80/40	99.03	27.61ab	31.23def	12.44bcd	65.96ab
80/20	99.42	28.48a	40.53bc	12.82bc	66.94ab
80/0	106.8	28.8a	46.45ab	15.72a	71.84a
40/40	90.08	24.86abc	50.11a	13.75abc	65.50ab
40/20	79.73	27.20ab	39.30bcd	14.22ab	68.07a
40/0	80.68	23.26bc	35.18cde	13.28abc	56.93bc
0/40	64.54	23.26bc	23.77f	9.28e	56.93bc
0/20	55.34	20.57c	26.18f	11.40cde	51.35c
0/0	65.65	21.31c	29.51ef	9.76de	52.48c
Sig.	**	**	**	**	**
C.V.	13.39	12.03	16.39	15.01	12.12
DMS (0.05)	16.00	4.36	8.51	2.72	10.86

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-11. Comparación de medias del índice de área foliar del cultivo de brócoli sometidos a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Trat.	54 d.d.t.	69 d.d.t.	84 d.d.t.	99 d.d.t.
80/40	0.21ab	0.42a	0.74ab	1.07b
80/20	0.22a	0.44a	0.72ab	1.01bc
80/0	0.20ab	0.45a	0.79a	1.30a
40/40	0.20ab	0.41a	0.71b	1.02bc
40/20	0.20ab	0.44a	0.62c	0.83cd
40/0	0.18bc	0.44a	0.62c	0.80d
0/40	0.15cd	0.27b	0.43de	0.59e
0/20	0.13d	0.31b	0.39e	0.55e
0/0	0.15cd	0.29b	0.47d	0.70de
Sig.	**a	**a	** a *b *i	**a *i
C.V	13.38	12.76	7.75	15.86
DMS (0.05)	0.0363	0.0725	0.0693	0.2024

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-12. Comparación de medias del área foliar del cultivo de brócoli sometido a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Trat.	54 d.d.t.	69 d.d.t.	84 d.d.t.	99 d.d.t.
80/40	2126.98ab	4267.94ab	7463.50ab	10733.56b
80/20	2273.58a	3521.21abcd	7325.24ab	10105.40bc
80/0	2005.24ab	4529.90a	7950.81a	13084.52a
40/40	2052.77ab	4126.02abc	7199.15b	10272.29bc
40/20	2067.24ab	4438.26a	6215.16c	8325.95cd
40/0	1870.27bc	4472.70a	6259.25c	8045.85d
0/40	1522.10cd	2736.71d	4312.50de	6000.06e
0/20	1326.76d	3181.93bcd	3990.61e	5564.52e
0/0	1589.09cd	2994.22cd	4767.15d	7063.48de
Sig.	**a	**a	**a *b *i	**a *i
C.V	13.33	22.24	7.67	15.87
DMS (0.05)	362.73	1231.51	686.35	2025.75

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-13. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 54 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Coeficiente de partición de biomasa				
Trat.	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíces
80/40	0.64	0.12a	0.17a	0.044ab
80/20	0.67	0.10bc	0.16ab	0.049a
80/0	0.73	0.09c	0.13cd	0.041ab
40/40	0.69	0.10abc	0.15cd	0.043ab
40/20	0.67	0.11abc	0.16ab	0.038abc
40/0	0.68	0.10ab	0.16ab	0.038abc
0/40	0.70	0.10b	0.14cd	0.039abc
0/20	0.73	0.10b	0.12d	0.027c
0/0	0.70	0.11b	0.14bcd	0.034bc
Sig.	**A	N .S.	**A	*A
C.V	4.11	14.85	11.34	24.17
DMS (0.05)	0.13	0.023	0.025	0.013

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-14. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 69 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Coeficiente de partición de biomasa					
Trat.	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíces	Flor
80/40	0.55d	0.11ab	0.23a	0.071	0.012ab
80/20	0.57cd	0.10ab	0.22ab	0.072	0.010bc
80/0	0.57bcd	0.11ab	0.22abc	0.073	0.012ab
40/40	0.59b	0.12ab	0.20cd	0.069	0.010bc
40/20	0.58bc	0.11ab	0.20bcd	0.067	0.016a
40/0	0.58bc	0.11ab	0.21abc	0.070	0.010bc
0/40	0.63a	0.10b	0.18d	0.070	0.0037d
0/20	0.62a	0.10b	0.19cd	0.067	0.0057cd
0/0	0.62a	0.10b	0.19cd	0.064	0.0045cd
Sig.	**	**	**	N.S.	**
C.V.	2.56	17.02	7.91	9.31	43.74
DMS (0.05)	0.0221	0.0287	0.0241	0.0094	0.0060

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-15. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 84 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Coeficiente de partición de biomasa					
Trat.	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíz	Flor
80/40	0.46cd	0.13a	0.19ab	0.05c	0.13b
80/20	0.47c	0.13ab	0.18ab	0.06bc	0.12b
80/0	0.46cd	0.13ab	0.20ab	0.06bc	0.13b
40/40	0.46cd	0.12b	0.22a	0.05c	0.13b
40/20	0.44d	0.13a	0.19ab	0.07b	0.15ab
40/0	0.45cd	0.13a	0.19b	0.06bc	0.17a
0/40	0.51ab	0.13a	0.18ab	0.06bc	0.07b
0/20	0.50b	0.13a	0.20ab	0.08a	0.07c
0/0	0.53a	0.13a	0.19b	0.07b	0.07c
Sig.	**	N.S.	N.S.	**	**
C.V.	3.78	6.63	10.63	10.62	16.82
DMS (0.05)	0.0263	0.0129	0.0308	0.0104	0.0294

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-16. Comparación de medias para coeficiente de partición de biomasa a los 99 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Coeficiente de partición de biomasa					
Trat.	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíz	Flor
80/40	0.41a	0.11abcd	0.13	0.052b	0.27ab
80/20	0.40ab	0.11abcd	0.16	0.051b	0.26b
80/0	0.39ab	0.1cd	0.17	0.057ab	0.26b
40/40	0.36bc	0.1d	0.2	0.057ab	0.26b
40/20	0.33c	0.12abc	0.17	0.063ab	0.30ab
40/0	0.38ab	0.11bcd	0.16	0.063ab	0.27b
0/40	0.36bc	0.13a	0.22	0.051b	0.31a
0/20	0.33c	0.12ab	0.15	0.069a	0.31ab
0/0	0.36bc	0.11abcd	0.16	0.054b	0.29ab
Sig.	**	*	N.S.	N.S.	*
C.V.	8.93	10.29	39.37	15.87	11.32
DMS(0.05)	0.0484	0.0173	0.0100	0.0134	0.0470

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-17. Comparación de medias para tasa de crecimiento relativo de los 69-84 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Tasa de crecimiento relativo ($\text{g.g}^{-1} \text{ día}^{-1}$)					
Trat.	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíz	Flor
80/40	0.031a	0.051ab	0.029b	0.029	0.21ab
80/20	0.029ab	0.052ab	0.033ab	0.030	0.21ab
80/0	0.029ab	0.055ab	0.038ab	0.036	0.20ab
40/40	0.025abc	0.042b	0.049a	0.093	0.21ab
40/20	0.016cd	0.046ab	0.030ab	0.032	0.18b
40/0	0.021bcd	0.046ab	0.028b	0.035	0.21ab
0/40	0.024abc	0.058a	0.044ab	0.035	0.24a
0/20	0.012d	0.043b	0.026b	0.039	0.19b
0/0	0.018cd	0.042b	0.032ab	0.034	0.21ab
C.V.	31.12	21.03	36.56	16.61	16.35
DMS (0.05)	0.0105	0.0135	0.0149	0.0091	0.0160

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-18. Comparación de medias para tasa de crecimiento relativo de los 84-99 d.d.t. en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Tasa de crecimiento relativo (g.g ⁻¹ día ⁻¹)					
Trat.	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíz	Flor
80/40	0.023a	0.019bc	0.017b	0.022	0.077b
80/20	0.019ab	0.021bc	0.018abc	0.020	0.079a
80/0	0.020ab	0.014c	0.020abc	0.023	0.076b
40/40	0.018abc	0.021bc	0.027ab	0.028	0.077b
40/20	0.012bc	0.022abc	0.022abc	0.024	0.076b
40/0	0.015abc	0.014c	0.019abc	0.022	0.06b
0/40	0.017abc	0.035a	0.010c	0.022	0.13a
0/20	0.010c	0.029a	0.021abc	0.024	0.13a
0/0	0.015abc	0.035a	0.032a	0.024	0.13a
Sig.	*	**	N.S.	N.S.	**
C.V.	34.66	39.04	48.40	26.09	11.49
DMS (0.05)	0.0086	0.0135	0.0149	0.0091	0.0169

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-19. Comparación de medias para tasa de asimilación neta en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Tasa de asimilación neta (g/m ² día ⁻¹)			
Trat.	54-69 d.d.t	69-84 d.d.t.	84-99 d.d.t.
80/40	8.15ab	8.12a	6.49c
80/20	6.00b	8.35a	7.21c
80/0	9.60ab	8.94a	6.48c
40/40	7.93ab	8.45a	7.49bc
40/20	8.71ab	7.32ab	7.82bc
40/0	7.56ab	7.26ab	6.68c
0/40	7.79ab	8.32a	10.54a
0/20	11.11a	5.66b	10.09a
0/0	8.82ab	5.35b	9.40ab
Sig.	N.S.	**A	**A
C.V.	32.20	20.31	17.83
DMS (0.05)	3.93	2.22	2.07

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-20. Comparación de medias para relación de área foliar en el cultivo de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Relación de área foliar (cm ² . g ⁻¹)			
Trat.	54-69 d.d.t.	69-84 d.d.t.	84-99 d.d.t.
80/40	52.40	51.40a	47.84a
80/20	51.06	51.31a	44.12abc
80/0	50.98	50.21a	47.81a
40/40	50.47	50.63a	45.24ab
40/20	51.43	48.95ab	40.61cd
40/0	49.58	51.02a	41.86bcd
0/40	49.04	46.82b	38.89d
0/20	48.43	46.03b	38.66d
0/0	47.78	50.95a	44.61abc
Sig.	N.S.	**A	**A
C.V.	8.19	4.25	7.28
DMS (0.05)	5.95	3.06	4.57

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo

Cuadro A-21. Comparación de medias para relación de peso foliar para el cultivo de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora (Tapia, 2002).

Relación de peso foliar			
Trat.	54-69 d.d.t.	69-84 d.d.t.	84-99 d.d.t.
80/40	0.604f	0.512c	0.441
80/20	0.624ef	0.523bc	0.438
80/0	0.655bcd	0.521bc	0.430
40/40	0.644cde	0.528bc	0.414
40/20	0.632de	0.514c	0.388
40/0	0.635de	0.523bc	0.422
0/40	0.672ab	0.618a	0.410
0/20	0.680a	0.562ab	0.420
0/0	0.667abc	0.582abc	0.452
Sig.	**A	**A	N.S.
C.V.	2.59	6.13	10.78
DMS (0.05)	0.0243	0.065	0.066

0, 40 y 80 días de solarización / 0, 20, 40 kg/ha de resina de gobernadora

A: Factor A (Solarización); ** Altamente significativo; * Significativo

NS: No significativo