

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA



**Control de malezas con solarización en el cultivo de chile
(*Capsicum frutescens* L.).**

Por:

AARON ORTIZ GAMBOA

TESIS

Presentada como Requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLOGO

Buenavista Saltillo; Coahuila, México

Marzo del 2002

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA

**Control de malezas con solarización en el cultivo de chile
(*Capsicum frutescens* L.).**

TESIS

Presentada por:

AARÓN ORTIZ GAMBOA

**Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito para
obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

APROBADO

M.C. Arturo Coronado Leza (UAAAN)

Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar(CIQA).

PRESIDENTE DEL JURADO

SINODAL

**Dr. José A. Villarreal Q. (UAAAN)
(UAAAN)**

Ing. Juan Encina Rodríguez

SINODAL

SINODAL

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco
Coordinador de la División de Agronomía**

Este trabajo forma parte del Proyecto "Control Biofísico de Fitopatógenos en Cultivos Hortícolas" apoyado con recursos del CONACYT-SIREYES

Buena vista, Saltillo Coahuila, México, Marzo del 2002

DEDICATORIA

A Dios por darme ese don de existir en este mundo, por darme una familia maravillosa y además por darme fuerzas para poder salir adelante en esta vida.

A mis Padres: Camilo Ortiz Arias
Marina Gamboa de León

Por tener la dicha de ser hijo de ellos, por brindarme la mejor herencia que pudiera recibir, como es la educación que con tanto esfuerzo me han ayudado a obtenerla y así sobresalir adelante para poder cumplir uno de mis sueños más anhelados que es el de ser un profesionalista, por eso pido a dios que me los cuide y bendiga durante toda su vida.

A mis Abuelos: Angel (+), M. Elena (+)
Fulgencio (+), Juana

Aunque algunos de ellos ya no se encuentren en vida, yo sé que siempre estarán con y dentro de la familia en nuestros corazones, y a mi abuela le agradezco por brindarme todo su amor y apoyo moral para poder seguir adelante en la vida.

A mis hermanos (as) Artemio
Damián
Julián
Fernando
Hortensia

Por su apoyo incondicional que me brindaron sin reproche alguno durante todo este tiempo cuando más lo necesitaba para salir adelante.

A mis cuñadas: Adela
Suleima
Clariselda
Lilian

Por apoyarme moralmente de corazón y además por ser muy buenas personas con migo y con mi familia.

A mis sobrinos: Paquito
Brayan
Nacho

Por ser muy cariñosos conmigo y además porque llevan la sangre de la familia que siempre me a apoyado durante toda mi vida.

A mis tíos (as) y Primos (as):

Por apoyarme moralmente siempre con sus consejos y además por comportarse como muy buenos amigos cuando estoy con ellos.

A mi novia la “peque”, por saberme esperar y comprender cuando así lo sea necesario para que yo pueda salir adelante y pueda lograr mis objetivos sin ningún remordimiento.

A mis amigos de la Especialidad y de Generación, principalmente a Blasí alias (El oso), Filo, Manuel A. (El duvalin) y Alexis (el cuñado), por haberme brindado todo su apoyo por el gran equipo que formamos en el campo de trabajo de investigación y a demás por darme sus amistad cuando más lo necesitaba, además por ser unas grandes personas y amigos.

A mis amigos de la UAAAN en general, principalmente a Erik (charro) Eva Dalila , Sara, Roly , Betito (trilobie), Jaime (mofles), Roberto (muñeco), Macedonio (panzón), Mario (radhitido), Altuzar (la rata), Lilia (oax), Israel (el ruquin), Juliana

(july), Alfonso (poncho). Por ser muy buenos amigos durante toda la estancia en la UAAAN.

A mis amigos y amigas externos: Fran (franielita), Rosario (Chayo), a la familia Ramírez Serrano (don Juan, Erika, Jose Diana (dianita), sra. Serrano), Eva Ma.; Gerardo (gera), doña Vicky, profe Francisco, Ing. Juan A., Lety, Vero, doña Tere, Ana Laura, Isabel (chavelita), Diana (Yaneth) José, toñó. al Lic. Mario Bernal, gracias a todos ellos por haberme apoyado cuando más lo necesitaba y además por que se que son unas grandes personas y muy buenos amigos.

GRADECIMIENTOS

A MI ALMA MATER; Gracias a la UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO "NARRO", Que me brindo los conocimientos básicos que debe de aportar un profesionista y así aportar un trabajo digno durante toda mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del sistema regional SIREYES por el apoyo financiero para realizar este trabajo.

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar por su gran amistad y colaboración oportuna de dirección de tesis y asesoramiento para el desempeño del presente trabajo de investigación que se realizó en su proyecto de investigación en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

Al MC. Arturo Coronado Leza. Por brindarme todo su apoyo y sus conocimientos como asesor para el desempeño del presente trabajo de investigación.

Al Dr. José A. Villarreal Quintanilla por su apoyo y colaboración en la revisión de la presente investigación y disponibilidad de tiempo para ser participe como sinodal.

Al MC. Juan Encina. Rodríguez por sus consejos de superación y disponibilidad de tiempo para la revisión del presente trabajo.

A todos aquellos maestros que compartieron los conocimientos necesarios e hicieron de mi un profesionista, cumpliendo una etapa más de mi vida que es haber llegado a obtener una profesión.

Al ing. Jesús Cruz Blasi por compartir sus conocimientos y a demás por haberme apoyado en la elaboración de la presente investigación de tesis.

Al personal de campo del CIQA, por su apoyo en las diversas actividades de manejo agronómico.

INDICE DEL CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA _____	iii
AGRADECIMIENTO _____	vi
INDICE DE CONTENIDO _____	vii
INDICE DE CUADROS _____	x
INDICE DE FIGURAS _____	xi
INTRODUCCION _____	1
HIPOTESIS _____	4
OBJETIVOS _____	4
REVISION DE LITERATURA _____	5
Principios de solarización _____	5
Efectos de solarización _____	6
En la temperatura del suelo _____	6
Efectos de la solarización en las poblaciones de patógenos presentes en el suelo _____	8
Efectos de la solarización de suelos en el control de malezas _____	8
Características de la gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>) _____	14
MATERIALES Y METODOS _____	17
Localización y característica del sitio experimental _____	17
Localización _____	17
Clima _____	17
Suelo _____	17
Agua _____	18
Característica del experimento _____	18
Diseño experimental _____	18
Variables evaluadas _____	19
Análisis estadístico _____	19
Obtención de la resina de la gobernadora _____	19
Colecta de follaje _____	19
Secado de material vegetativo _____	20

Cribado de hojas secas _____	20
Extracción por el metodo de inmersión en etanol _____	20
Evaporación del solvente _____	20
Secado y molienda de la resina _____	21
Establecimiento de la parcela experimental _____	21
Preparación del terreno _____	21
Incorporación de la resina de gobernadora _____	21
Instalación del sistema de riego y colocación del acolchado plástico transparente _____	22
Monitoreo de la temperatura del suelo _____	22
Determinación del banco de semillas de malezas del suelo _____	22
Bioensayo de germinación de malezas _____	23
Colecta de datos sobre malezas _____	23
Identificación de especies de malezas _____	24
Densidad poblacional _____	24
Biomasa de malezas _____	24
Producción de plántulas en invernadero _____	24
Practicás agronomicas de manejo del cultivo del chile _____	25
Acolchado con polietileno coextruido plata/negro _____	25
Transplante _____	25
Riego y fertilización _____	26
Control de plagas _____	26
Cosecha _____	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	27
Efectos de la solarización en la temperatura de suelos _____	27
Efecto de la resina de gobernadora en la germinación de las diversas semillas de malezas _____	30
Diversidad de malezas _____	32
Efectos en la densidad de malezas _____	33
Densidad de malezas al primer corte de chile _____	39
Efectos de los tratamientos en la biomasa de malezas _____	44

Efecto de los tratamientos en el rendimiento total de chile _____	45
CONCLUSIÓN _____	48
LITERATURA CITADA _____	49

INDICE DE CUADRO

	Pag.
Cuadro 1. Susceptibilidad de diferentes especies de malezas a solarización al suelo. _____	8
Cuadro 2. Comparación de medias del número de plantas de <i>Amaranthus hidridus</i> /m ² después de los tratamientos de solarización y dosis de extracto de gobernadora aplicadas al suelo. _____	33
Cuadro 3. Comparación de medias de plantas de <i>Portulaca oleracea</i> /m ² después de los tratamientos de solarización mas dosis de extracto de gobernadora. _____	34
Cuadro 4 Comparación de medias de plantas de <i>Setaria adhaerens</i> /m ² en los tratamientos con y sin solarización mas extracto de resina de gobernadora. _____	35
Cuadro 5. Comparación de medias de plantas de <i>Chenopodium album</i> / m ² después de los tratamientos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____	37
Cuadro 6. Comparación de medias de malezas de <i>Chenopodium blitoides</i> /m ² después de los tratamientos de solarización y extracto de gobernadora. _____	37
Cuadro 7. Comparación de medias de malezas de <i>Cyperus rotundus</i> /m ² después de los periodos de solarización y dosis de extracto gobernadora. _____	39
Cuadro 8. Comparación de medias de malezas de <i>Amaranthus hibridus</i> /m ² al primer corte de chile bajo diferentes periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____	40
Cuadro 9. Comparación de medias de <i>Portulaca oleracea</i> / m ² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y extracto etanólico de gobernadora. _____	40
Cuadro 10. Comparación de medias de <i>Chenopodium murale</i> /m ² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y extracto de gobernadora. _____	42
Cuadro 11. Comparación de medias de malezas de <i>Setaria adhaerens</i> /m ² después de los tratamientos de solarización y dosis de extracto de	

gobernadora. _____ 43

INDICE DE FIGURAS

Pag.

- Fig. 1 Temperaturas registradas a diferentes profundidades en el día más caliente (mayo 18) durante el periodo de solarización. _____ 28
- Fig. 2. Fluctuación de la temperatura en el suelo solarizado a 1.3 cm de profundidad bajo diferentes tiempos de solarización. _____ 29
- Fig. 3. Germinación de semillas de malezas de *Portulaca oleraceae***
sometida a diferentes dosis de extracto etanólico de gobernadora. _____ 31
- Fig. 4. Germinación de semillas de malezas de *Chenopodium sp.* a diferentes dosis de extracto etanólico de gobernadora. _____ 31
- Fig. 5. Germinación de semillas de chile cv Anaheim a diferentes dosis de**
extracto etanólico de gobernadora. _____ 32
- Fig. 6- Densidad poblacional de malezas de *Amaranthus hybridus* / m² después de los periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____ 34
- Fig.7 Densidad poblacional de malezas de *Setaria adhaerens* / m² después de los periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____ 36
- Fig.8.- Densidad poblacional de malezas *chenopodium blitoides* /m² después de los periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____ 38
- Fig.9- Densidad poblacional de malezas de *Portulaca oleracea*/m² al primer corte de chile con periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____ 41
- Fig. 10.Densidad poblacional de malezas de *Chenopodium murale* / m² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____ 42
- Fig. 11.Densidad poblacional de malezas de *Setaria adhaerens* /m² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora. _____ 43
- Fig. 12.Producción de biomasa de todas las malezas presentes/metro cuadrado,**
antes, durante y después de los tratamientos de solarización. _____ 44
- Fig. 13 Producción de biomasa de las malezas por m² a diferentes dosis de _____ 45

extracto de gobernadora. _____	
Fig. 14 Rendimiento por corte con diferentes periodos de solarización (días) en el cultivo de chile. _____	46
Fig. 15.Rendimiento acumulado dl cultivo de chile con diferentes periodos de solarización. _____	46
Fig. 16 Rendimiento por corte con diferentes dosis de extracto de gobernadora en el cultivo de chile. _____	47
Fig. 17.Rendimiento acumulado del cultivo de chile con diferentes dosis de extracto de gobernadora. _____	47

INTRODUCCIÓN

Las malas hierbas son consideradas como plantas indeseables que el hombre utiliza para alimentarse y vestirse. Las malezas también representan un severo problema para la conservación de carreteras y oleoductos, centros recreativos y jardines urbanos. Estas plantas nocivas para las actividades del hombre poseen características especiales para desarrollarse en medios pocos favorables por la latencia de sus semillas, abundante producción de estructuras reproductivas y una gran habilidad para competir por nutrimentos, agua, luz y espacio. La importancia de las malezas se deriva de los daños que ocasiona en las actividades agrícolas y pecuarias, se considera que solo en la producción agrícola las malas hierbas producen mayores pérdidas económicas que las reportadas por otras plagas.

Los daños que ocasionan se pueden resumir de la siguiente manera: reducción en la productividad agropecuaria al provocar una merma en la producción de granos, frutas y verduras, así como de carne, leche y lana. Menor eficiencia en el uso de la tierra esto debido a los costos que implican las escardas, deshierbes, chapoleo y aspersiones con herbicidas y otros agroquímicos. Reducen la calidad del producto cosechado y aumentan los costos de producción. El valor de la tierra se reduce, especialmente cuando esta infestado con malezas perenne; limitan la producción de cultivos que se pueden sembrar en una zona o la reforestación de terrenos, albergan insectos o patógenos que afectan plantas cultivadas, originan problemas en el uso y manejo del agua, reducen la eficiencia humana en las actividades agrícolas y pueden causar en algunos casos envenenamiento a animales y humanos (Posos, 2001).

Actualmente, la agricultura intensiva depende en gran parte de fumigantes químicos inorgánicos para la prevención y control de patógenos del suelo y malezas con todo los problemas alternos que esto implica. Debido a iniciativas internacionales se están eliminando del mercado algunos agroquímicos dañinos y peligrosos para la salud y

los ecosistemas; por lo tanto, se requieren métodos alternos no químicos que minimicen el uso de pesticidas como la solarización para el control de malezas y microorganismos patógenos (Katan y Devay, 1991).

Una alternativa que ha probado ser efectiva para el control de malezas y que no provoca cambios en la dominancia de especies ecológicamente más agresivas, es la solarización de suelos, la cual es una técnica moderna que se basa en el calentamiento del suelo húmedo a través del uso de plásticos transparentes como acolchado antes de la plantación, en la época más caliente del año (Katan y DeVay, 1991). Numerosos autores concuerdan en señalar que cuando se tienen las condiciones adecuadas de radiación solar y temperaturas elevadas en el suelo, la solarización representa un método eficaz para eliminar con relativa facilidad malezas anuales de verano y de invierno, así como semillas de zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y la enredadera (*Convolvulus arvensis*) son bien controladas con la solarización si no están enterrados profundamente (Elmore *et al.*, 1997). También con la solarización se han eliminado algunas malezas parasíticas del género *Orobancha* (Jacobsohn *et al.*, 1980). Sin embargo, para algunas malezas perennes muy problemáticas como el coquillo (*Cyperus spp.*), el control con solarización no ha probado ser tan efectivo para eliminarlas (Stapleton y Devays 1986).

Por otro lado, en la literaturas se encuentran reportes controversiales sobre el efecto de la resina de *L. tridentata* sobre la germinación de las semillas de malezas ya que algunos autores mencionan que los componentes fenólicos que se encuentran en las de este arbusto tienen una actividad alelopática debido no solamente al ácido nordihidroguaiarético (NDGA), si no 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, (Bennet *et al.*, 1953; Coyle *et al.*, 1975; Elakovich *et al.*, 1985).

En relación con el cultivo de chile este ocupa el quinto lugar entre las hortalizas más importantes del mundo en cuanto a superficie cultivada y el octavo por su

producción total, prácticamente está distribuido en la totalidad de las zonas templadas y cálidas del mundo. México es el principal productor de chile en el Continente Americano, ocupando el 51.6% de la superficie total, seguido por los Estados Unidos. Se estima que el valor de la producción total de chile para el año 2001 en México es de 735 millones de dólares con 1.4 millones de toneladas. En los últimos años la superficie cultivada ha aumentado en un 35%, sembrándose 168,880 hectáreas en el año 1999. Además este cultivo es una fuente importante de divisas, debido a que en el año 2000 las exportaciones de chile de México a Estados Unidos fueron de 336.7 millones de dólares (Productores de Hortalizas, 2001).

Dentro de las limitantes de los sistemas de producción del cultivo de chile se encuentran las causadas por malezas que pueden afectar el rendimiento hasta en un 90%. Por lo tanto, la combinación de solarización y la incorporación de resina de gobernadora puede representar una opción para la prevención y control de malezas desde una perspectiva ecológicamente sustentable y sin deterioro del medio ambiente.

HIPÓTESIS

El incremento de las temperaturas del suelo provocado por el acolchado plástico transparente y el efecto de las dosis de extracto de gobernadora incorporada al suelo, tendrán un efecto sinérgico que ocasionará una reducción en las poblaciones de malezas. Con base en esta hipótesis se plantearon los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

- Medir el efecto de la solarización con acolchado plástico transparente en el incremento de la temperatura del suelo a 1.3 y 10 cm de profundidad y su relación con el desarrollo de malezas.
- Conocer el efecto inhibitor de los tratamientos evaluados en la germinación y desarrollo de las diversas especies de malezas y determinar si este efecto influye directamente en la población y biomasa de malezas anuales y perennes encontradas en el cultivo de chile.
- Generar información de campo sobre el efecto posible efecto alelopático o herbicida del extracto etanólico hidrosoluble de resina de gobernadora sobre el banco de semillas presente en el suelo.
- Determinar el efecto sinérgico de la solarización y el extracto de gobernadora en las malezas y su efecto posterior en el rendimiento del cultivo de chile.

REVISIÓN DE LITERATURA

Principios de la solarización de suelos

La solarización es un proceso hidrotérmico 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 durante 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. Los principios físicos, químicos y biológicos de la solarización de suelos, son resumidos por los autores antes mencionados de la siguiente manera:

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 períodos de tiempo más largos. Una buena preparación de la tierra antes de sembrar o trasplantar es esencial para la solarización. Después de retirar el plástico transparente y una vez que terminó el período de solarización, el suelo debe de evitar disturbarse lo menos posible para evitar la recontaminación (Elmore *et al.*, 1997).

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).

Prolongar el período 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, se ha observado el beneficio de esta práctica todavía en el segundo y aún 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 período de solarización es recomendable ir cambiando ciertas practicas de manejo agronómico como fertilización (para evitar un exceso de nutrientes), fecha de siembra y densidad del cultivo (Katan y DeVay, 1991).

Efectos de la solarización

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 PE transparente permite que haya una radiación desde el suelo hacia la atmósfera (Katan y DeVay, 1991).

Diversos autores han reportado que durante el tratamiento de solarización, la capa superior del suelo alcanza las máximas temperaturas, y a medida que 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 esta más propensa a los cambios de temperatura, ya que a medio día es la que alcanza la máxima temperatura y por la mañana es la parte más 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 hrs. de la tarde), la temperatura interior va en aumento y se conserva durante más tiempo (Elmore *et al.*, 1997).

En el trabajo de Pullman *et al.* (1981) reportaron que la temperatura registrada en los suelos solarizados con plástico de bajo espesor (25 μ) 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 (100 μ m) registró 57°C a la misma profundidad; o sea solamente 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 5 cm, 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 estudio realizado por Alexander (1990) reporta que durante el período 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 período de solarización. Ha esta misma profundidad, la temperatura antes mencionada solo fue alcanzada durante 6 días en las parcelas testigo.

Un reciente artículo de Yucel *et al.* (2000) sobre solarización menciona 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 del pepino bajo condiciones de invernadero en una región del mediterráneo de Turquía.

Efectos de la solarización en las poblaciones de patógenos presentes en el suelo.

El calentamiento que diariamente se produce durante la solarización mata muchos patógenos del suelo, nemátodos, semillas de malezas y plántulas. El calor también debilita muchos organismos que pueden soportar la solarización, haciéndolos más vulnerables a los hongos y bacterias que son más resistentes al calor y que actúan como sus enemigos naturales. Cambios en la química del suelo durante la solarización también puede matar a debilitar algunos organismos del suelo (Elmore *et al.*, 1997).

Aún y cuando muchos microorganismos del suelo se mueren con temperaturas superiores a los 30 ó 33°C, los fitopatógenos, malezas y otros organismos del suelo difieren en su sensibilidad al calentamiento del suelo. Algunos organismos que son difíciles de controlar con fumigantes del suelo son fácilmente controlados con la solarización. Otras plagas son afectadas también pero no pueden ser consistentemente controladas con la solarización. Esos requieren medidas de control adicionales (Elmore *et al.*, 1997).

Efectos de la solarización de suelos en el control de malezas.

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.

Malezas anuales de invierno parecen ser específicamente sensibles a la solarización y el control de anuales de invierno es frecuentemente evidente por más de un año después del tratamiento de solarización. La solarización de suelos es especialmente eficaz para controlar malezas en cultivos sembrados en otoño como cebollas, ajo, zanahoria, brócoli y otras brassicáceas. El trébol dulce blanco (*Melilotus*

alba) es una de las pocas malezas anuales de invierno que es poco controlada con solarización.

Aún 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 difícil de lograr. Si la verdolaga es controlada es un buen indicador de que el suelo ha sido adecuadamente calentado.

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. Semillas de zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y la enredadera (*Convolvulus arvensis*) sí son bien controlados con la solarización. Los rizomas de los zacates bermuda, y Johnson pueden ser controlados por la solarización si no están enterrados profundamente

La solarización por sí misma no es efectiva para el control de rizomas de la enredadera. 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 del coquillo púrpura (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	Tipo de propagación	susceptibilidad
Zacate pitillo	<i>Ixophorus unisetus</i>	Perenne	***
Zacate grama	<i>Cynodon dactylon</i> (semilla)	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 crus-galli</i>	anual	***
Quelite	<i>Amaranthus palmeri</i>	anual de verano	**
Quelite	<i>Amatanthus 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 bursa-pastoris</i>		***
Quelite cenizo	<i>Chenopodium album</i>	anual de verano	***
	<i>Claytonia perfoliata</i>		
Enredadera	<i>Convolvulus arvensis</i> (semilla)	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 pes-caprae</i>	perenne de verano	**
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> (semilla)	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 prostata</i>		***
Cuacha	Kallstroemia máxima		***
Hierba de arlomo	<i>Boerhaavia erecta</i>		***
Golondrina erecta	<i>Phyllanthus caroliniensis</i>		***
Golondrina semi-erecta	<i>Euphorbia hirta</i>		***

***= Muy susceptible; **= Susceptible; *= Tolerante.

Dentro de las especies de malezas, de las cuales no se ha logrado su control por medio de solarización se encuentran: *Malva niceansis*, *Convolvulus arvensis* (planta), *Cynodon dactylon* (planta), *Conyza canadiensis*, *Eragrostis spp.*, *Cyperus rotundus*,

Melilotus albus, *Sorghum halepense* (planta) y *C. esculentum*, (Katan y Devay, 1991; Elmore *et al.*, 1997).

Katan (1981) Reportó que las poblaciones de malezas que existen en el campo, son diversas, incluyendo especies que pueden variar en su sensibilidad al calor, por lo tanto, es más probable que se tenga mayor variabilidad en el control de malezas que de hongos del suelo.

Egley (1983) determinó que varias especies de Zcates, 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.

Horowitz *et al.*, (1983) A medida que aumentó el período de solarización, aumentó la temperatura del suelo; observando que el número de malezas por metro cuadrado (verdolaga y estrella de la mañana) disminuyó, hasta eliminarse totalmente en un período de solarización de 3 a 12 meses. En otro trabajo que realizaron en otoño las temperaturas alcanzadas por el suelo fueron inferiores, sin embargo, se observó una reducción en el número total en malezas conforme se alargó el período de solarización.

Rubin and Benjamín (1981) con un período de 4 a 5 semanas, se logra un control efectivo de la mayoría de las malezas anuales de verano e invierno, además de que el efecto dura por más de 5 meses después de recoger el plástico. Las malezas perennes que se propagan vegetativamente son controladas parcialmente, pero se puede mejorar su control extendiendo el período de solarización por 8 ó 10 semanas.

Stevens *et al.*, (1990) con un período de 98 días, se obtienen 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.*, (1988) en la India, se enfoco 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 y almácigos de este cultivo. Ellos encontraron que el acolchado para solarizar incremento la temperatura del suelo hasta 53.8 °C a una profundidad de 5 cm, 15 días después de aplicar el PE transparente. Esto redujo la presencia de maleza y el peso seco de la misma en comparación con los tratamientos sin solarizar y con PE negro.

El trabajo de Abadllah (1999) realizado en Egipto comprendió un estudio realizado 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 incremento el rendimiento de haba en más de 53 veces; este incremento en rendimiento lo explicaron debido al control de la malezas anuales y de la maleza perenne *Orobanche crenata*.

Los trabajos realizados durante 1994 y 1995 en Italia por Campliglia *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 estas durante el ciclo del cultivo en más de 91 %. *Amaranthus spp.* y *Rumex crispus* fueron completamente eliminadas. La emergencia de *Portulaca oleracea* se redujo el 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 incremento en 106 y 81 % respectivamente con el tratamiento de solarización, en comparación con el tratamiento no solarizado.

El efecto de la solarización en el control de malezas y su efecto posterior en el crecimiento y rendimiento de cacahuete fue estudiado por Biradar y Hosamani (1997), ellos encontraron un incremento en la temperatura del suelo en el rango de 11.0 a 14.9 °C, de 5.0 a 6.7 °C y de 2.9 a 3.5 °C, después del tratamiento con PE transparente de 0.05 y 0.01 mm y con PE negro de 0.125 mm de espesor respectivamente, en comparación con el tratamiento no solarizado. Ellos encontraron una reducción significativa en el numero y peso seco de malezas hasta

la cosecha del cultivo del cacahuate, lo anterior debido a la solarización con el PE transparente. La mayor reducción de malezas se obtuvo al usar PE transparente de 0.05 mm de espesor, colocado durante 60 días sobre un suelo húmedo; este tratamiento también reporto el mayor rendimiento de cacahuate (2.88 t/ha).

El estudio sobre solarización realizado por Defilippi *et al.*, (1998), en Santiago de Chile en el hemisferio sur, consistió en solarizar el suelo durante enero y febrero y comparar este efecto contra la fumigación de bromuro de metilo (Metabromo 980). La solarización se aplicó durante 40 días con PE transparente con 40 micras de espesor. Con éste tratamiento la producción de biomasa de las malezas se determinó inmediatamente después del periodo de solarización y a los 30 y 60 días después de solarizar. La producción de biomasa de maleza fue 0.00, 3.00 y 1.55 g de peso seco / m², respectivamente. Un control completo de las malezas fue alcanzado con la fumigación de bromuro de metilo. Las temperaturas máximas del suelo solarizado fueron 45.7, 38.1, y 35.1 °C a 10, 20 y 30 cm de profundidad respectivamente. Estos autores concluyeron que tanto el bromuro de metilo como la solarización fueron un método efectivo para el control de malezas hasta por un periodo de 2 meses.

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 5 semanas emergieron 35.7 plantas / m², a través de PE negro, mientras que solo se observaron 5 plantas / m² en los tratamientos con PE transparente. La menor emergencia de esta maleza fue atribuido a temperaturas letales en suelos por la solarización, lo que ocasiono la muerte de los rizomas de *Cyperus* spp. Algunos rizomas perforaron el PE transparente, pero la mayoría quedaron atrapados debajo del acolchado transparente. Bajo este acolchado los estímulos ocasionados por la luz y la temperatura aparentemente promovieron un cambio morfológico que se oriento al desarrollo de hojas y no al crecimiento de los rizomas de *Cyperus* (Patterson, 1998).

La información reportada en el trabajo de Patterson (1998), indica que el acolchado con PE transparente redujo o eliminó la emergencia de tallos de *Cyperus*

rotundus en comparación con película opaca de PE blanca/negra el PE transparente redujo la biomasa foliar de coquillo, biomasa y número de rizomas en el rango de 85 a 99 %.

El estudio sobre 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. La solarización incrementó la temperatura en más de 9 °C. Profundidades inferiores de suelo de 5, 10 y 15 cm no alcanzaron nunca temperaturas de 55 °C. El acolchado con PE transparente 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 PE 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.

Características de la gobernadora (*Larrea tridentata*).

La gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) 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 de 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 le han reportado 66 usos en la fitoterapia, tales como infecciones genito-urinarias, y del tracto respiratorio, cálculos renales, inflamaciones musculares, daños de la piel, pasmo intestinal, pasmo 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) reportó que esa resina permite reducir la evapotranspiración de la gobernadora y también la protege contra los efectos de la radiación ultravioleta.

El principal componente de la resina de la gobernadora es el ácido Nordihidroguairético (NDGA), además de 19 aglicon - flavonoides y diversos lignanos, 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. (Timmermann citado por Campos *et al.*, 1979).

La razón por la que la aplicación de la resina de gobernadora no se ha difundido mas ampliamente como biocida en las 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 *Larrea*, 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 de plantas bajo condiciones de invernadero o campo.

Con la finalidad de solucionar este problema, recientemente Villarreal *et al.*, (1998), realizaron diversos trabajos al respecto y ya han solicitado el registro de una patente sobre un proceso para la producción de resina de *Larrea* y su modificación química para convertirla en un producto soluble o dispersable en agua, lo cual es muy importante para su uso práctico como biocida en las actividades agrícolas.

En la literatura revisada se encuentran reportes controversiales sobre el efecto de la resina de *L. tridentata* 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, si no 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).

MATERIALES Y METODOS

Localización y características del sitio experimental.

Localización.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera verano 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' N. y 101°02' W., con una altitud de 1619 m.

Clima.

El clima de Saltillo se clasifica como: BsoK(X')(e), que se define como seco estepario. La temperatura y precipitación pluvial media anual es de 18°C y 368 mm respectivamente. Siendo los meses más lluviosos de julio a septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de julio. La evaporación promedio mensual es de 179 mm, registrándose la más alta en los meses de mayo y julio con 236 y 234 mm respectivamente (García, 1987).

Suelo.

El suelo del campo experimental del CIQA es de origen aluvial, textura arcillo-limosa en el estrato 0-30 cm y arcilloso en la capa 30-60 cm de perfil. Gómez

(1994) reporta que el pH del suelo es de 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, significando esto que el suelo es ligeramente salino.

Aviña (1995) reporta que la capacidad de campo para los estratos de 0-20 cm y de 20-40 cm es de 28%, el punto de marchitez permanente para ambos estratos es de 15.22%, mientras que la densidad aparente para ambos estratos es de 1.26 g/cm³.

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).

Características del experimento.

El trabajo de investigación consistió en la evaluación del efecto combinado de la solarización y la incorporación de resina de gobernadora *Larrea tridentata*.

Se estableció una parcela experimental de 1248 m² arregladas en dos bloques grandes que constituyó el factor A, solarización; en cada bloque se distribuyeron al azar los tratamientos de resina con sus repeticiones que formaron el factor B. Cada unidad experimental contó con 3 camas a doble hilera de 4 m de largo cada una y de .70 m. de ancho.

Diseño experimental.

Se empleo un experimento bifactorial en bloques al azar con 4 repeticiones, donde el factor "A" (solarización), con dos niveles: solarizado y no solarizado; y el factor "B" (dosis de resina de gobernadora), la cual fueron de 0, 5, 10, y 20 kg/ha, dando un total de 32 unidades experimentales.

Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron:

- **Temperatura del suelo.**
- **Germinación, diversidad, densidad, dominancia y biomasa de malezas por metro cuadrado.**
- **Rendimiento de chile.**

Análisis estadístico.

El diseño experimental usado fue un diseño bifactorial bloques al azar con 4 repeticiones, analizados en el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) con una comparación de medias de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con un nivel de significancia del 5% (0.05). Los datos epidemiológicos dados en porcentaje fueron transformados por $\text{Log } K + \text{dato}$, donde $K = 1$, dado a que los datos de porcentaje fueron menores al 50%.

Obtención de la resina de gobernadora

Colecta del follaje.

Las muestras de hojas y ramas pequeñas de gobernadora (*Larrea tridentata*) fueron colectadas en los alrededores de Saltillo, Coahuila perteneciendo al paralelo 25° de Latitud Norte del desierto Chihuahuense, tratando de obtener ramas y hojas jóvenes del tercio final de las ramas de los arbustos de *Larrea*.

Secado del material vegetativo.

El material colectado se secó al aire libre en un cuarto de trabajo y después se guardó en bolsas de papel para ser llevadas a una estufa con recirculación de aire en donde se mantuvieron a una temperatura constante de 65° C por un período de 5 días.

Cribado de hojas secas.

El material ya secado en la estufa se defolió y se cribó con una malla metálica con orificios de 0.5 cm², con lo que se obtuvo el material vegetativo listo para ser utilizado en el proceso de extracción de la resina.

Extracción por el método de inmersión en etanol.

Para la obtención de material de trabajo en volumen suficiente y poder realizar los trabajos en campo, se utilizó la técnica de extracción de la resina por inmersión del follaje seco y cribado con etanol como solvente; por lo que se introdujo el follaje de Gobernadora en cubetas de 20 l en las que se agregó el solvente en la cantidad suficiente hasta que cubriera totalmente las hojas trituradas, dejando reposar el material vegetativo dentro del solvente durante 24 h, posteriormente se separó el follaje de *Larrea* de cada uno de los solventes, en los cuales se encontraba disuelta la resina. La separación del material vegetativo de el solvente se hizo a través de una bomba de vacío, esto nos permitió dejar únicamente el licor con el solvente que se después se llevaría al proceso de destilación por evaporación.

Evaporación del solvente.

Una vez 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 procedió a la separación del solvente de la resina y el licor obtenido se colocó en un matraz bola de 3 l al que se acopló a un refrigerante de vidrio recto y posteriormente se le aplicó una temperatura en el rango de 50 a 60 °C, para finalmente separar el solvente mediante evaporación.

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 la resina solidificada y seca se colocó en un mortero de porcelana para su pulverización manual, después se guardó el polvo obtenido en recipientes de plástico con tapón de rosca.

Establecimiento de la parcela experimental

Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en un barbecho profundo y dos pasos de rastra durante el invierno del 2000, para favorecer la eliminación de plagas del suelo. Iniciando en la primera quincena de Enero del 2001 la formación de las camas, la cuales fueron de 75 cm de ancho y de 64 m de largo. Las camas se formaron manualmente, con azadón, estacas y rafia, procurando que no quedaran terrones para favorecer el contacto con el plástico.

Incorporación de la resina de gobernadora.

La resina hidrosoluble fue aplicada 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 difundiera la resina sobre el suelo, como los fertilizantes disueltos en el agua.

Instalación del sistema de riego y colocación del acolchado plástico transparente.

Se instaló un sistema de riego por goteo, consistiendo en cintilla T-Tape al centro de cada cama y la inyección de fertilizante se hizo a través de un Venturi marca MAZZEI MOD. 584 de una pulgada de diámetro. Posteriormente se colocó el plástico transparente UV calibre 125 (125 μ) de Qualyplast, manualmente (23 de Marzo del 2001), procurando que quedará bien estirado para el mejor contacto con el suelo. Posteriormente a la colocación del plástico se regó durante tres días seguidos para llegar a capacidad de campo, al mismo tiempo se instalaron termopares tipo K de FLUKE mod. 80PK-1 a las profundidades de 1.3 y 10 cm en el tratamiento solarizado y de 1.3 cm solamente en el no solarizado.

Monitoreo de la temperatura del suelo

El monitoreo de la temperatura se hizo a través de un termómetro FLUKE mod. 52II durante las horas: 9:00; 11:00; 13:00; 15:00; 17:00 a partir del quinto día después de haber colocado el plástico y durante los siguientes 54 días, hasta el 20 de Mayo del 2001.

Determinación del banco de semillas de malezas del suelo

Se realizó un muestreo exploratorio sobre el banco de semillas de malezas en suelo, para lo cual se tomaron ocho muestras a 5 cm de profundidad de suelo por el método del cuadrante (0.25 m²), luego cada muestra fue procesada por el método por flotación a través de un tamiz de 60 mallas. Cada muestra fue procesada por separada y luego se realizó la identificación de semillas con apoyo en las referencias sobre semillas de malezas (Calderón, *et al.*, 1997) y por volumen de semillas se determinó la predominancia de especies de malezas.

Bioensayo de germinación de malezas

Se realizaron bioensayos de germinación de semillas de las especies de malezas predominantes en los muestreos previos de suelo (*Portulaca oleracea* y *Chenopodium* sp.) y de semillas de chile ‘anaheim’, como referencia. La semilla se obtuvo de un banco de germoplasma del Laboratorio de Malezas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Se evaluaron las dosis de 0, 5, 10 y 20 kg/ha (0, 850, 1550, 3550 y 8000 ppm) del extracto etanólico de la resina hidrosoluble de gobernadora, en un diseño completamente al azar, para la cual se tomaron 50 semillas por caja Petri por especie, con cuatro repeticiones, haciendo un total de 200 semillas para cada dosis evaluada.

Se pesó la cantidad de resina a través de una balanza analítica para preparar soluciones madre según la concentración. De cada una de estas soluciones madre se tomaron 5 ml por caja Petri, a través de pipetas de la misma cantidad.

Cada caja Petri contaba con papel filtro como sustrato.

El bioensayo se mantuvo a temperatura ambiente y se realizaron evaluaciones cada tercer día después de iniciada la emergencia de las primeras

plántulas, esto para registrar la velocidad de germinación. Los datos fueron registrados en una tabla de concentración y luego fueron calculadas el porcentaje de germinación acumulado.

Colecta de datos sobre malezas

Se hicieron 4 muestreos para determinar el desarrollo del daño de las malezas, el primero antes de la solarización, el segundo durante la solarización, el tercero después de que se retiró el acolchado y el cuarto en el primer corte (56 días después del trasplante).

El muestreo de malezas se realizó por el método del cuadrante a través de un cuadro metálico de 0.25 m², muestreando cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, al centro de la cama útil, con la ayuda de una pala, navaja, estacas; procurando sacar lo más intacta posible el sistema radicular.

Identificación de especies de malezas

La identificación de especies de malezas se llevó a cabo con claves y algunos otros materiales de apoyo, en la cual podíamos determinarlo por semillas, hojas, tallos color, rizomas, bulbos u comparaciones (Villarreal 1999).

Densidad poblacional.

Una vez que las malezas se extrajeron o quedaron libres de suelo y residuos orgánicos, se hizo el conteo para determinar el número de individuos por especies de malezas encontradas, tanto en plántula como en planta adulta.

Biomasa de malezas.

Esta evaluación se realizó a través del peso seco de maleza, para lo cual después de haber hecho el conteo se colocaron las malezas encontradas por tratamiento en bolsas de papel estraza y se llevaron a una estufa durante cinco días a 75°C. Posteriormente se obtuvo el peso seco a través de una balanza semianalítica.

Producción de plántulas en invernadero

La siembra de las charolas se realizó el día 23 de Febrero del 2001, para lo cual se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades previamente desinfectada con hipoclorito de sodio al 3% y como sustrato, Peat Moss humedecido marca PRO-MIX.

El material vegetativo fue semilla de chile Anaheim TMR-23 de Petoseed con las siguientes características: 74 a 76 días a maduración, con frutos de paredes delgadas y de color verde brillante a rojo y con un tamaño de 19 x 5 centímetros.

Para acelerar la germinación se apilaron las charolas y se cubrió con un plástico negro, esto para aumentar la temperatura y conservar el calor. Una vez germinadas se pasaron a un invernadero de plástico con ventilación natural lateral y sistema de seminebulización con lo cual se mantuvo una humedad constante. Los riegos se dieron por 5 minutos tres veces al día. Posteriormente se pasaron al sistema de charolas flotantes donde se dejaban por 30 min. cada tercer día. La fertilización se realizó a través del sistema de nebulizadores a la dosis de 0.036-0.087-0.02-0.017 kg/ha (dosis diaria para 2500 charolas de 200 cavidades ó 2000 litros de agua). Se hicieron aplicaciones de funguicidas sistémicos rotándolos cada semana, para prevenir enfermedades.

Acolchado con polietileno coextruido plata/negro.

Después del tratamiento de solarización se retiró el plástico transparente y se acolchó con plástico de polietileno coextruido plata-negro, manualmente. Posteriormente se perforó el plástico con un tubo caliente de 2” pulgadas de diámetro, cada 30 cm a doble hilera.

Trasplante.

El trasplante se realizó el 30 de Mayo, cuando la plántula tenía en promedio 20 cm de altura, con un acomodo a doble hilera y una distancia entre plantas de 30 cm, teniendo una densidad de 44,500 plantas/ha. Se dio un riego un día antes del transplante y durante los siguientes tres días.

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 de cultivo, por ocho horas diarias a una presión en la entrada de la parcela de 10 PSI. La fórmula de fertilización fue de 250-125-200-250 de N-P-K-Ca respectivamente por hectárea, con las fuentes: Nitrato de Potasio y Multi-NPK de Haifa, ácido fosfórico al 65% y Nitrato de Calcio; haciendo aplicaciones de micronutrientes cada 15 días durante la fructificación, a base principalmente de Magnesio, Fierro y Zinc, las fuentes fueron: Magnifer y Poliquel.

Control de plagas.

Se realizó un monitoreo constante para la detección de el arribo de insectos y ácaros, así como para la detección de los primeros síntomas de las enfermedades del chile. Se tomo como umbrales de decisión para el minador de la hoja *Liriomyza trifolii*, cuando la planta presentara tres hojas minadas más del 50%. Para la cenicilla polvorienta del chile y tomate *Leveillula taurica* (An: *Oidiopsis taurica*)

cuando se presentara una mancha amarilla irregular por hoja en un 10% de follaje de cada planta y cuando se presentara en manchones.

Se llevó un registro de las aplicaciones con el fin de poder regularlas y rotar plaguicidas para así poder evitar el desarrollo de resistencia.

Cosecha.

Se hicieron seis cortes, el primer corte (caliente) se realizó el 25 de Julio del 2001, a los 56 días después del trasplante, siguiendo los indicadores de cosecha mencionados en las características de la empresa semillera (tamaño, de aprox. 20 cm de largo y 5 de ancho; Color, brillante y oscuro; Consistencia, rígida y madurez fisiológica, si se desprendía fácilmente de la axila del tallo). Los primeros tres cortes se programaron semanalmente y los siguientes tres, en base a el momento en que hubiera chile para corte, (aproximadamente cada 12-14 días).

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la solarización en la temperatura del suelo

Con base en los datos generados sobre la temperatura del suelo durante el período de solarización se elaboró la Figura 1. En este gráfico se puede apreciar que durante un ciclo normal del día como los que se presentaron durante los tratamientos de solarización, la temperatura cerca de la superficie del suelo (1.3 cm) aumenta rápidamente conforme avanzan las horas del día, llegando a un pico máximo al medio día y luego decrece al atardecer, formando una curva similar pero más pronunciada que la temperatura del aire, siendo ambas curvas parecidas a la normal. En contraste, la temperatura del estrato inferior (10 cm), comienza a incrementarse lentamente después a medida que el calor se transmite por difusión en el agua contenida en el suelo.

Cuando la temperatura de la superficie del suelo empieza a disminuir al atardecer, la temperatura de las capas inferiores va aumentando hasta llegar a su pico máximo aproximadamente entre las 17:00 y 18:00 hr. Por lo tanto, la curva del estrato inferior se desplazó en el tiempo con respecto a la temperatura más superficial. Resultados similares a los obtenidos en este trabajo han sido reportados en otras latitudes por diversos autores (Katan y DeVay, 1991 y Elmore *et al.*, 1997). En cuanto a la máxima temperatura alcanzada durante el experimento, se puede observar que ésta se registró el día 18 de Mayo con valores de 55.8°C y 34.3°C en los estratos de 1.3 y 10 cm de profundidad respectivamente, detectándose al mismo tiempo una temperatura ambiente de 36°C, lo cual generó un diferencial de 21.3°C entre las dos profundidades y de 19.8°C entre la temperatura a 1.3 cm de profundidad en el suelo solarizado en comparación con la temperatura ambiente.

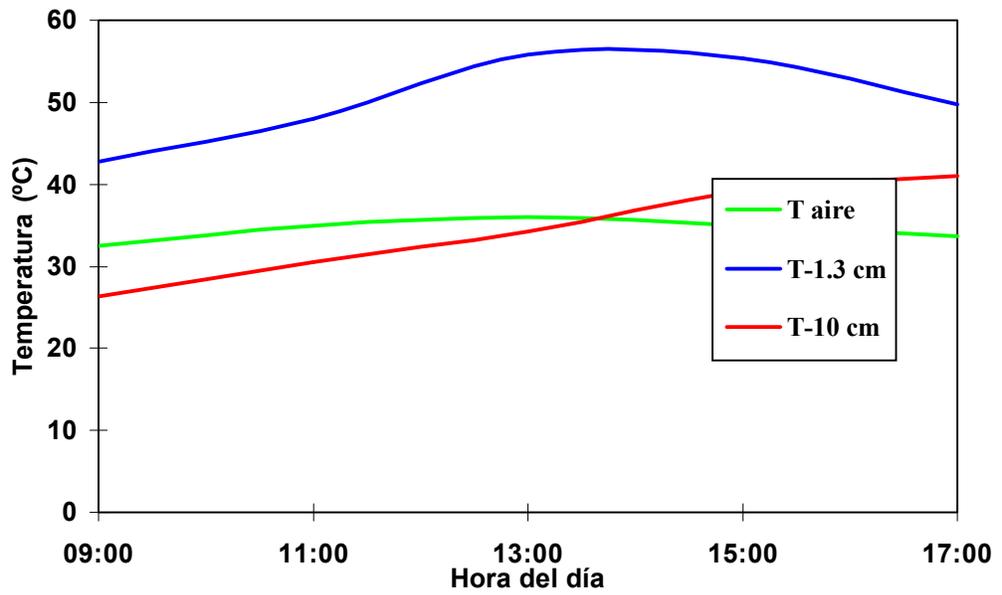


Fig. 1 Temperaturas registradas a diferentes profundidades en el día más caliente (mayo 18) durante el periodo de solarización.

Durante los períodos de solarización iniciado en la primavera a partir del 23 de enero hasta el 23 de mayo, se detectaron fluctuaciones en las temperaturas máximas, registrándose que los días más calientes se presentaron a inicio de la segunda quincena de mayo (Figura 2). Esto posiblemente sea debido a que la radiación total aumentó durante este mes drásticamente ya que fueron los días mas soleados del mes a diferencia de los primeros días de toma de datos que fue el día 23 de enero.

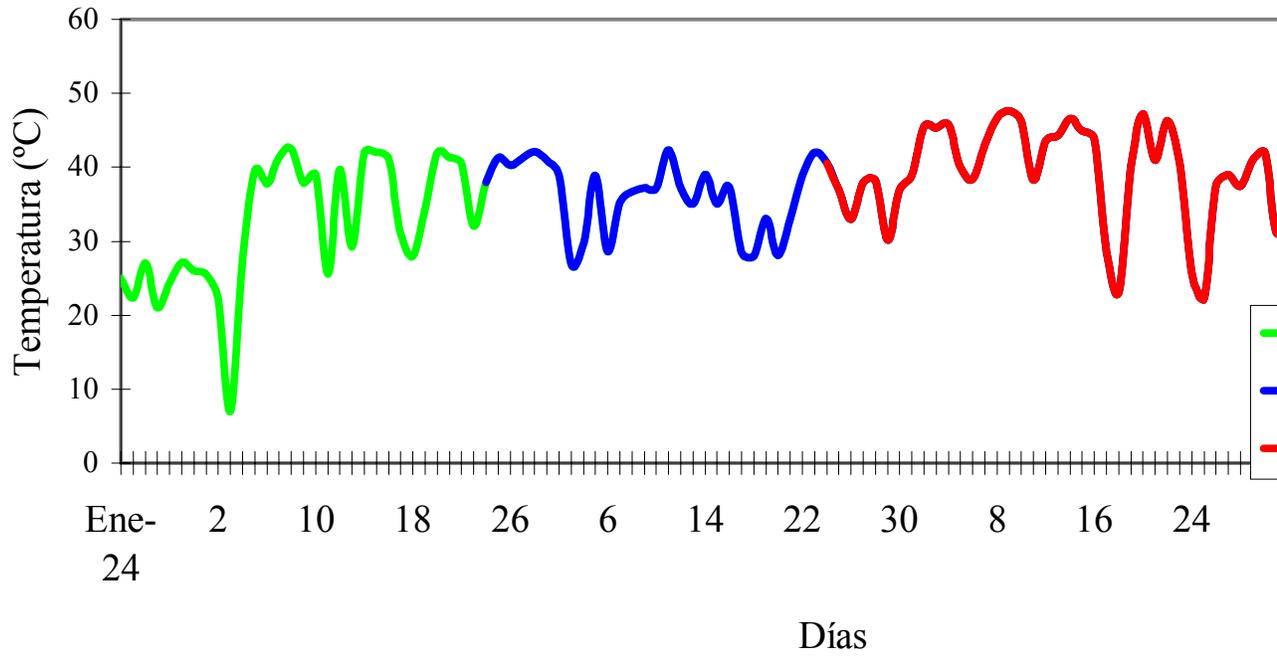


Fig. 2. Fluctuación de la temperatura en el suelo solarizado a 1.3 cm de profundidad bajo diferentes tiempos de solarización.

Efecto de la resina de gobernadora en la germinación de las diversas semillas de malezas.

Para determinar el posible efecto alelopático que pudiera tener el extracto de gobernadora se evaluaron diferentes dosis de extracto etanólico de la resina de *L. tridentata* en la germinación de semillas de las malezas predominantes en los muestreos de suelo (*Portulaca oleracea* y *Chenopodium sp.*) y se determinó si podía afectar la germinación del cultivo en estudio. Estos resultados se presentan en las Figuras 3, 4 y 5, en donde podemos observar que ninguna de las dosis estudiadas inhibió la germinación, ni aun a la dosis más alta (8000 ppm) ya que todas reportaron resultados iguales al testigo (agua destilada).

A pesar que diversos autores (Bennett y Bonner, 1953; Coyle y Roberts, 1975; Elakovich y Stevens, 1985 y Zamora, 1984), mencionan que la resina de gobernadora presenta un efecto alelopático al afectar el crecimiento y desarrollo de semillas y plántulas que compiten el mismo hábitat, en este estudio se observó que la resina de gobernadora no presenta un efecto inhibitorio en la germinación de semillas de malezas. Al igual que para las malezas antes mencionadas, la resina de gobernadora no presentó un efecto alelopático en la germinación de semillas de chile cv. Anaheim. Por lo tanto, este producto pudiera ser adecuado cuando se piensa incorporarla al suelo por su efecto funguicida (Cruz-Blasí, 2002) y nematocida (Beltrán, 2002) en un manejo ecológicamente sustentable de cultivos agrícolas.

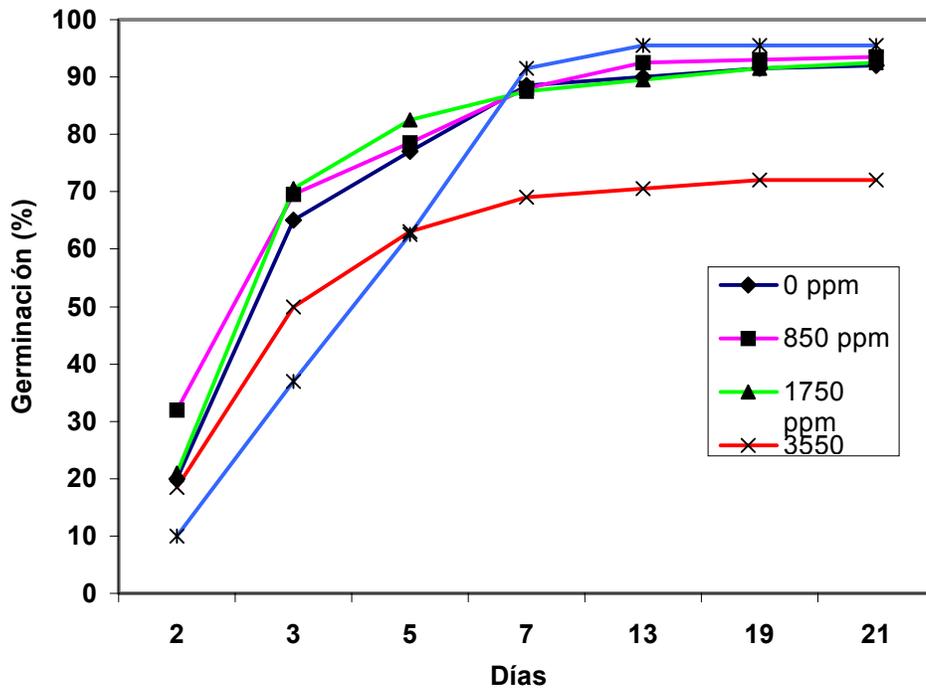


Fig. 3. Germinación de semillas de malezas de *Portulaca oleraceae* sometida a diferentes dosis de extracto etanólico de gobernadora.

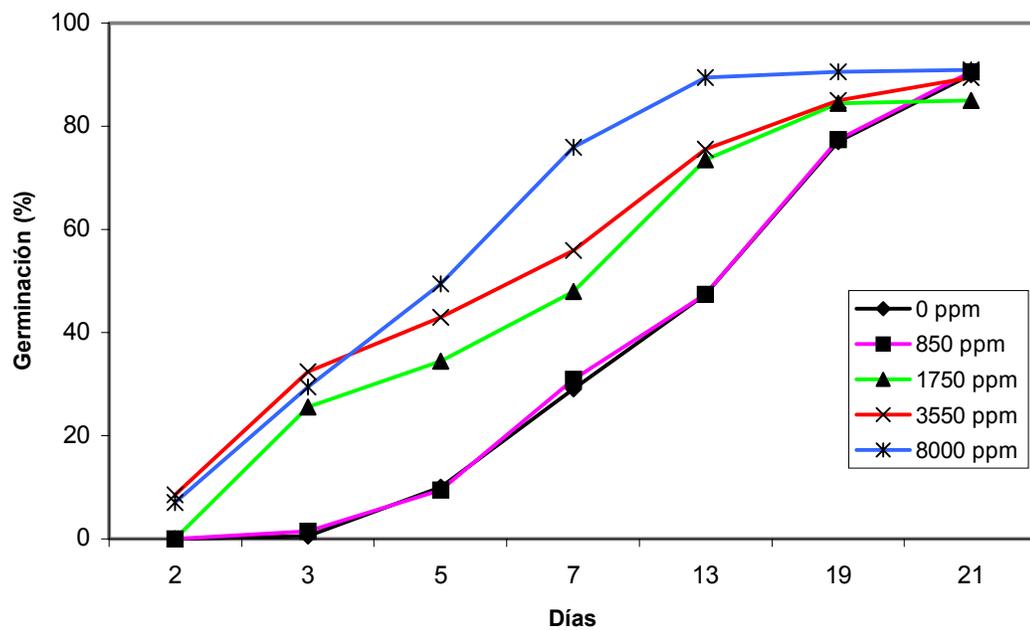


Fig.4. Germinación de semillas de malezas de *Chenopodium sp.* a diferentes dosis de extracto etanólico de gobernadora.

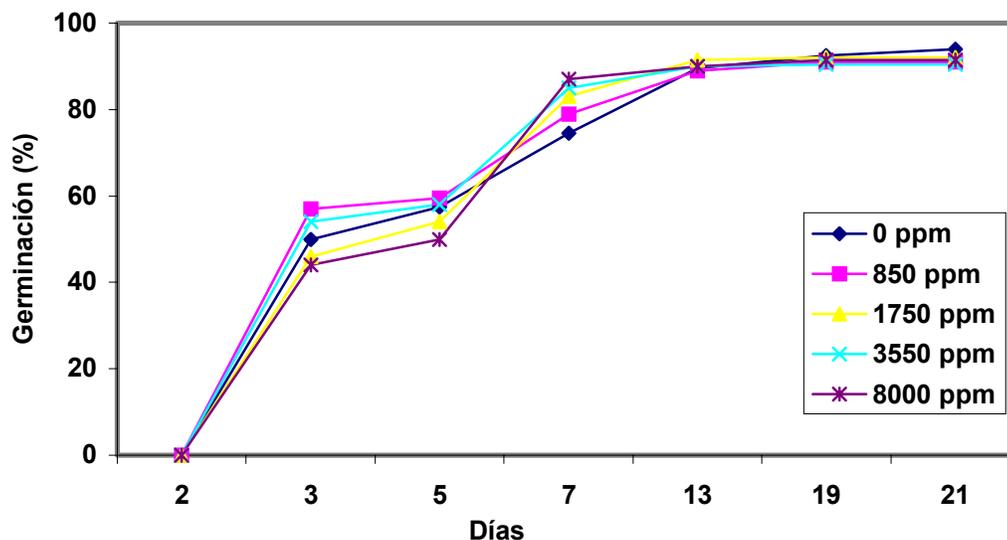


Fig. 5. Germinación de semillas de chile cv Anaheim a diferentes dosis de extracto etanólico de gobernadora.

Diversidad de malezas

Durante el primer muestreo de malezas realizado el 23 de marzo del 2001, durante el proceso de solarización de los períodos de 110 y 80 días, las malezas predominantes fueron: *Portulaca oleracea*, *Chenopodium* sp., *Amaranthus* sp., *Setaria adherens* y *Eragrostis mexicana*, malezas anuales de verano.

Para el segundo muestreo realizado al finalizar los períodos de solarización, las malezas presentes fueron: *Setaria adherens*, como la predominante, *Chenopodium blitoides*, *Ch. album*, *Amaranthus hybridus*, *A. blitoides*, *Portulaca oleracea*, *Cyperus rotundus*, *Sonchus oleraceus* y *Solanum rostratum*.

En el tercer muestreo durante el primer corte de chile se presentaron la siguientes especies de malezas: *Setaria adherens*, *Portulaca oleracea*, *Chenopodium murale*, *Ch. album*, *Amaranthus hibridus*, *Cyperus rotundus* y *Sonchus oleraceus*.

Efectos en la densidad de malezas

De acuerdo a los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 2, detectamos que para el factor solarización hay una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en cuanto a la reducción en la densidad de *Amarantus hybridus*, ya que en los tres períodos de solarización evaluados se redujo a cero la presencia de *A. hybridus* al finalizar los tratamientos; mientras que en las parcelas no solarizadas se registraron 18 ejemplares de esta especie, esta información se presenta gráficamente en la Figura 6.

Cuadro 2. Comparación de medias del número de plantas de *Amaranthus hybridus* /m² después de los tratamientos de solarización y dosis de extracto de gobernadora aplicadas al suelo.

DIAS DE SOLARIZACIÓN (FACTOR A)	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0 kg/ha	5 kg/ha	10 kg/ha	20 kg/ha	
NO SOLARIZADO	20	12	16	24	18 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	5	3	4	6	
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	NS	2.269

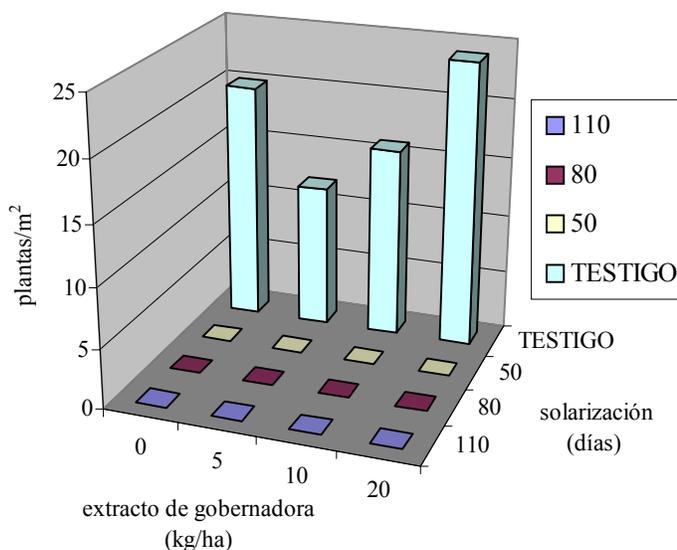


Fig. 6- Densidad poblacional de malezas de *Amaranthus hybridus* / m² después de los períodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

En cuanto a las dosis de resina de gobernadora (factor B), los datos obtenidos sobre densidad de *A. hybridus* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 2. y en la Fig. 6. De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 3, se puede apreciar que el efecto de la solarización (factor A) no hay una diferencia estadísticamente significativa en la reducción de la densidad de *Portulaca oleracea*, ya que en los diferentes períodos de solarización no se redujo la presencia de esta maleza al finalizar los tratamientos en comparación con el suelo no solarizado que registró 12 ejemplares de esta especie.

Cuadro 3. Comparación de medias de plantas de *Portulaca oleracea* /m² después de los tratamientos de solarización mas dosis de extracto de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	12	8	12	4	NS
50	12	16	0	36	NS
80	8	4	20	8	NS
110	4	0	4	4	NS
FACTOR B (MEDIA)	3	2	3	1	
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	NS	

En cuanto a los tratamientos de resina de gobernadora que representaron el factor B en el estudio, los datos obtenidos sobre densidad de *Portulaca oleraceae* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 3.

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 4, indican que la solarización (factor A) ocasionó una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$), al reducir la densidad de *Setaria adhaerens*, ya que en los diferentes períodos de solarización se eliminó por completo la presencia de esta especie al finalizar los tratamientos. Lo contrario ocurrió en el suelo no solarizado que registró 42

ejemplares/m² de esta especie, estos resultados también se pueden observar gráficamente en la Figura 7.

Cuadro 4 Comparación de medias de plantas de *Setaria adhaerens* /m² en los tratamientos con y sin solarización mas extracto de resina de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR A X
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	48	32	40	48	42 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	12	8	10	12	
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	NS	2.3217

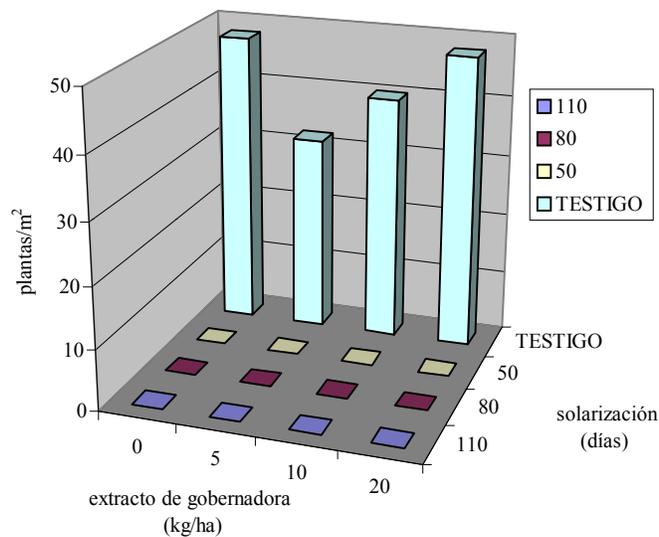


Fig.7 Densidad poblacional de malezas de *Setaria adhaerens* / m² después de los periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

En cuanto a las dosis de extracto de gobernadora (factor B), los datos obtenidos sobre densidad de *Setaria adhaerens* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 4. y en la Figura 7.

De acuerdo a los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 5, se puede observar que la solarización (factor A) si produjo un efecto bastante claro que arrojó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), en cuanto a la reducción en la densidad de *Chenopodium album*, ya que con los diferentes períodos de solarización al finalizar los tratamientos se redujo a cero la presencia de esta maleza; por el contrario en el suelo no solarizado se registraron 5 ejemplares de *Ch. album*.

Cuadro 5. Comparación de medias de plantas de *Chenopodium album*/ m² después de los tratamientos de solarización y dosis de extracto de gobernadora .

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	8	4	4	4	5 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	2	1	1	1	
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	NS	.5804

En cuanto a las dosis de resina de gobernadora (factor B) los datos obtenidos sobre densidad de *Chenopodium. album* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se apreciar en el Cuadro 5.

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 6, los tratamientos de solarización (factor A) ocasionaron una diferencia estadísticamente significativa en la reducción de la población de *Chenopodium blitoides*, ya que en todos los tratamientos evaluados al finalizar los tratamientos se redujo a cero la presencia de esta especie, en comparación con el suelo no solarizado que registró 105 ejemplares/m² de esta especie. Estos resultados también se pueden apreciar gráficamente en la Figura 8.

Cuadro 6. Comparación de medias de malezas de *Chenopodium blitoides* /m² después de los tratamientos de solarización y extracto de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	136	64	120	100	105 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B	34	16	30	25	

(MEDIA)					
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	NS	6.4093

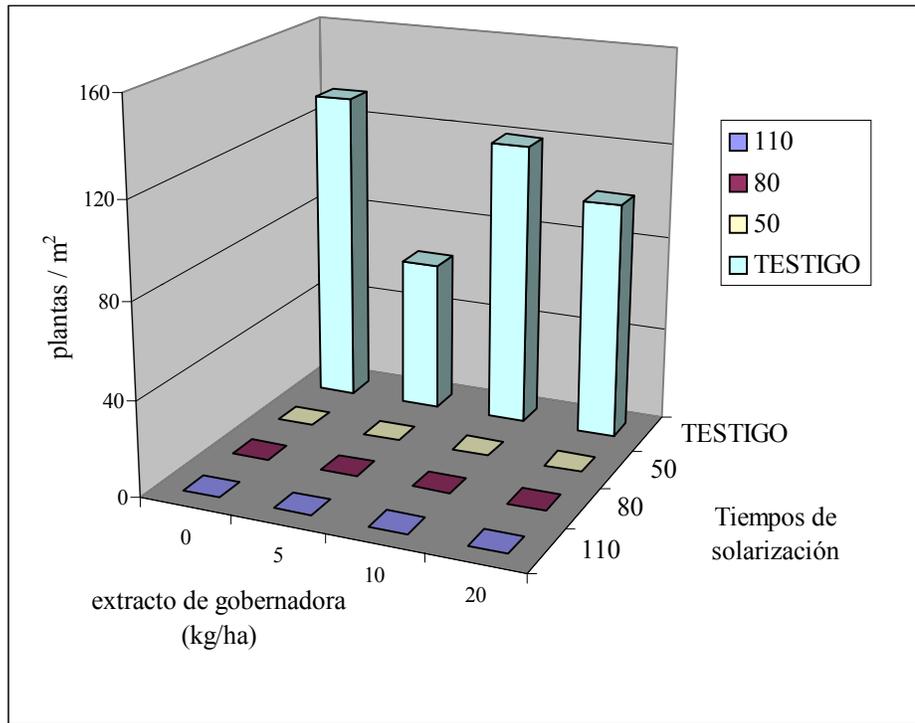


Fig.8.- Densidad poblacional de malezas *chenopodium blitoides* /m² después de los periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

En cuanto al efecto de las dosis de extracto de gobernadora los datos obtenidos sobre densidad de *Ch. blitoides* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 6. y Figura 8. En cambio, los datos obtenidos y presentados en el Cuadro 7 indican que los tratamientos de solarización produjeron una clara diferencia que resultó estadísticamente significativa en la reducción poblacional *Cyperus rotundus*, ya que en al finalizar los tratamientos de solarización se eliminó por completo la presencia de *C rotundus*, en comparación con el suelo no solarizado que registró 3 ejemplares de esta especie.

Cuadro 7. Comparación de medias de malezas de *Cyperus rotundus* /m² después de los periodos de solarización y dosis de extracto gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	4	4	4	0	3 a
50	0	0	0	0	b
80	0	0	0	0	b
110	0	0	0	0	b
FACTOR B (MEDIA)	1	1	1	0	
DMS _{0,05}	NS	NS	NS	NS	.1563

En cuanto a las dosis de resina de gobernadora que representaron el factor B en el estudio, los datos obtenidos sobre densidad de *C. rotundus* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 7.

Densidad de malezas al primer corte de chile.

Los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 8 indican que para el factor solarización hay una diferencia estadísticamente significativa, en cuanto a la reducción poblacional de *Amaranthus hybridus*, ya que con los tratamientos evaluados se redujo a cero la presencia de esta maleza, en comparación con el tratamiento testigo que registró al primer corte de chile 5 ejemplares/m² de esta especie.

Cuadro 8. Comparación de medias de malezas de *Amaranthus hybridus* /m² al primer corte de chile bajo diferentes periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	RESINA DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	8	4	4	4	5 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	2	1	1	1	
DMS _{0,05}	NS	NS	NS	NS	.5187

Las dosis de extracto de gobernadora no afectaron por si solos la densidad de *A.hybridus* y los datos consignados no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 8. Los resultados presentados en el Cuadro 9 indican que para el factor solarización hay una diferencia significativa en cuanto a la reducción en la densidad de *Portulaca oleracea*, ya que con los diferentes períodos de solarización se eliminó por completo esta especie al finalizar los tratamientos. Lo contrario se detectó en el tratamiento no solarizado que registró al primer corte de chile 33 ejemplares de *P. oleracea*, estos resultados también se pueden observar gráficamente en la Figura 9.

Cuadro 9. Comparación de medias de *Portulaca oleracea* / m² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y extracto etanólico de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	DOSIS DE EXTRACTO DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	44	24	36	28	33 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	11	6	9	7	
DMS _{0,05}	NS	NS	NS	NS	1.6392

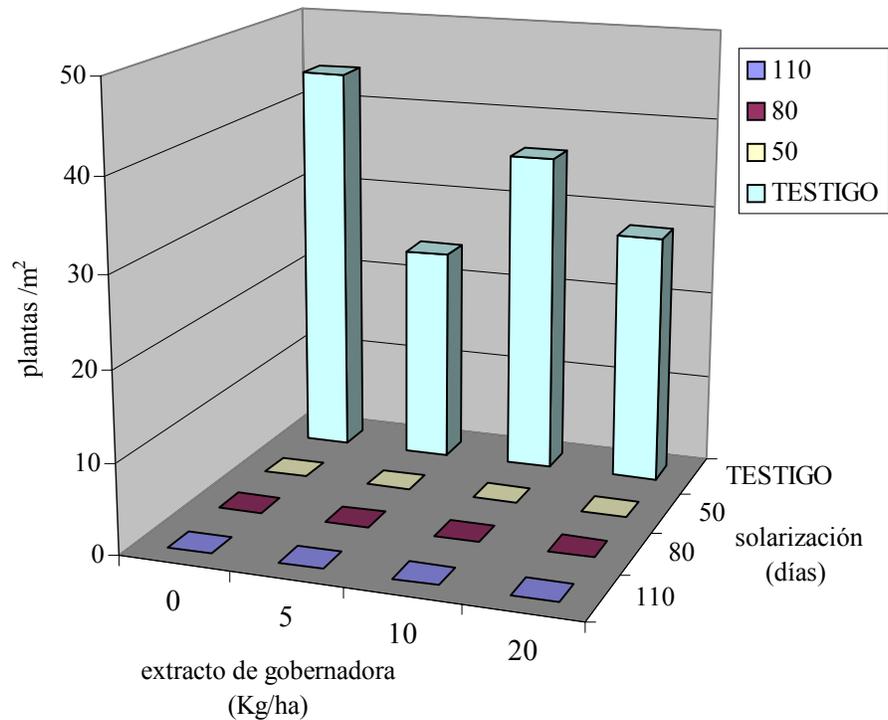


Fig. 9- Densidad poblacional de malezas de *Portulaca oleracea*/m² al primer corte de Chile con periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

Por lo que respecta al efecto de las dosis de extracto de gobernadora que representaron el factor B en el estudio, los datos obtenidos sobre densidad de *Portulaca oleracea* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede apreciar en el Cuadro 9 y en la Figura 9. Los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 10 indican que el factor periodos de solarización produjo una diferencia estadísticamente significativa en la reducción poblacional de *Chenopodium murale*, ya que las parcelas solarizadas se redujo a cero la presencia de *Ch. murale* al finalizar los tratamientos, en comparación con el suelo no solarizado que registró al primer corte de Chile 34 ejemplares/m² de esta especie, estos resultados también se pueden observar gráficamente en la Figura 10.

Cuadro 10. Comparación de medias de *Chenopodium murale* /m² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y extracto de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A). DIAS	DOSIS DE EXTRACTO DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR A X
	0kg/ha	5kg/ha	10kg/ha	20kg/ha	
NO SOLARIZADO	28	44	28	36	34 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	7	11	7	9	
DMS _{0,05}	NS	NS	NS	NS	1.9551

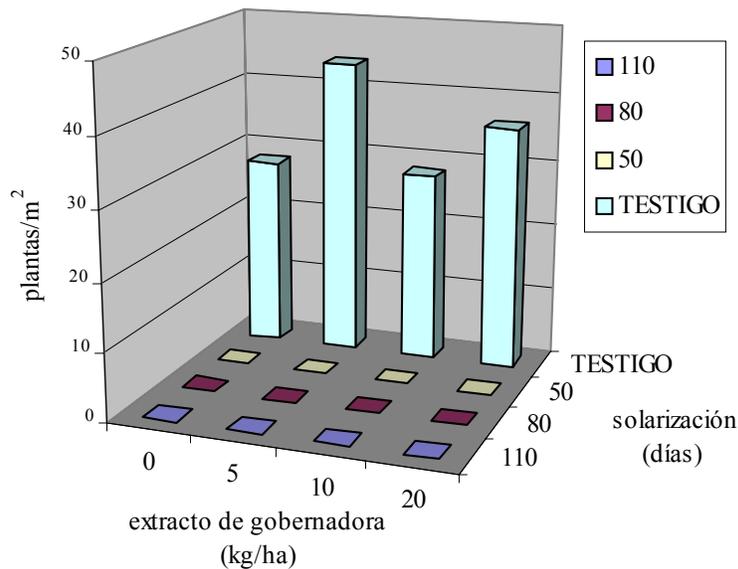


Fig. 10.-Densidad poblacional de malezas de *Chenopodium murale* / m² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

En cuanto a las dosis de resina de gobernadora que representaron el factor B en el estudio, los datos obtenidos sobre densidad de *Chenopodium murale* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, como se puede ver en el Cuadro 10 y en la Figura 10. Los resultados presentados en el Cuadro 11 muestran que los periodos de solarización ocasionaron una diferencia estadísticamente significativa en la población de *Setaria adhaerens*, ya que el número de plantas de esta especie se redujo a cero al

finalizar los tratamientos, en comparación con el testigo no solarizado que registró al primer corte de chile 64 ejemplares/m², estos resultados también se pueden observar gráficamente en la Figura 11.

Cuadro 11. Comparación de medias de malezas de *Setaria adhaerens* /m² después de los tratamientos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

SOLARIZACIÓN (FACTOR A) DIAS	DOSIS DE EXTRACTO DE GOBERNADORA (FACTOR B)				FACTOR $\frac{A}{X}$
	0 kg/ha	5 kg/ha	10 kg/ha	20 kg/ha	
NO SOLARIZADO	68	64	76	48	64 a
50	0	0	0	0	0 b
80	0	0	0	0	0 b
110	0	0	0	0	0 b
FACTOR B (MEDIA)	17	16	19	12	
DMS _{0.05}	NS	NS	NS	NS	3.5252

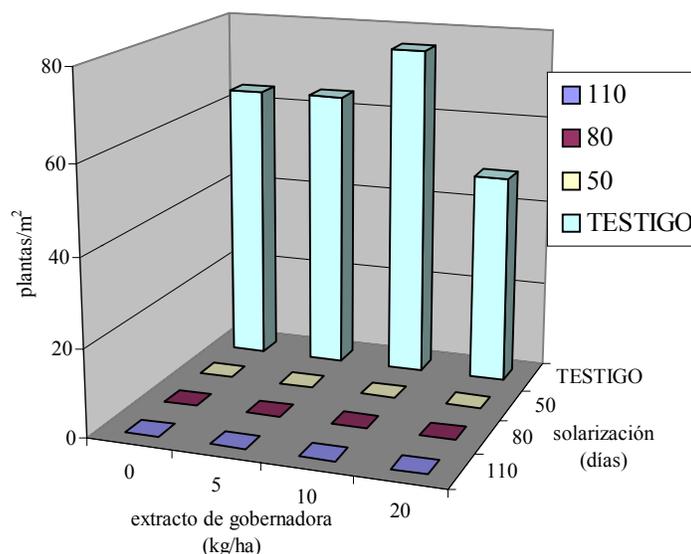


Fig. 11. Densidad poblacional de malezas de *Setaria adhaerens* /m² al primer corte de chile con diferentes periodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora.

Respecto al efecto de las dosis de extracto de gobernadora los datos obtenidos sobre densidad de *Setaria adhaerens* no presentaron consistencia, ni significancia estadística, tal y como se puede ver en el Cuadro 11 y en la Figura 11.

Efectos de los tratamientos en la biomasa de malezas

Al evaluar el efecto de los diferentes períodos de solarización y dosis de resina de gobernadora sobre el peso seco de malezas a través del tiempo (antes, durante, después y al primer corte de chile), podemos observar en la Figura 12 y 13, que tanto el período de solarización de 110 días iniciado el 23 de enero como el de 80 días iniciado el 23 de febrero permitieron el crecimiento de malezas, principalmente de *Portulaca oleracea* que fue la predominante durante los meses invernales cuando se hicieron los muestreos exploratorios antes de iniciar los tratamientos, esto es un indicador de que las temperaturas alcanzadas durante estas fechas (Figura 2) no fueron tan elevadas como para inhibir la germinación de malezas, ya que las temperaturas registradas en promedio durante ese período fueron de 34°C a 1.3 cm de profundidad en el suelo solarizado, variando desde 7°C hasta 42°C, desde el inicio del tratamiento de 110 días (finales de enero hasta el 1 de abril), a partir de esta fecha las temperaturas se fueron incrementando lentamente; al finalizar los tratamientos de solarización todos los tratamientos fueron iguales, ya que en dichos períodos (110 y 80 días) las plántulas de *Portulaca oleracea* que crecieron se murieron por las elevadas temperaturas que se generaron por debajo del plástico, el cual estaba en contacto con las mismas.

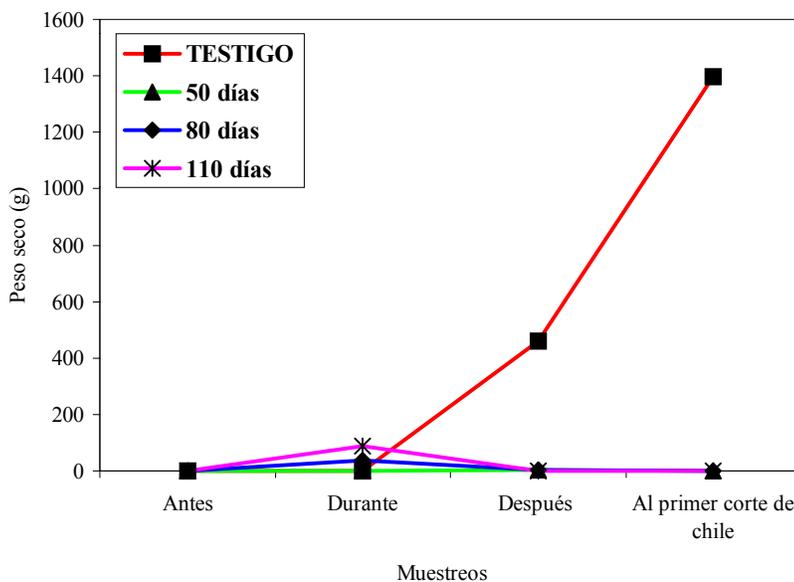


Fig. 12. Producción de biomasa de todas las malezas presentes/metro cuadrado, antes, durante y después de los tratamientos de solarización.

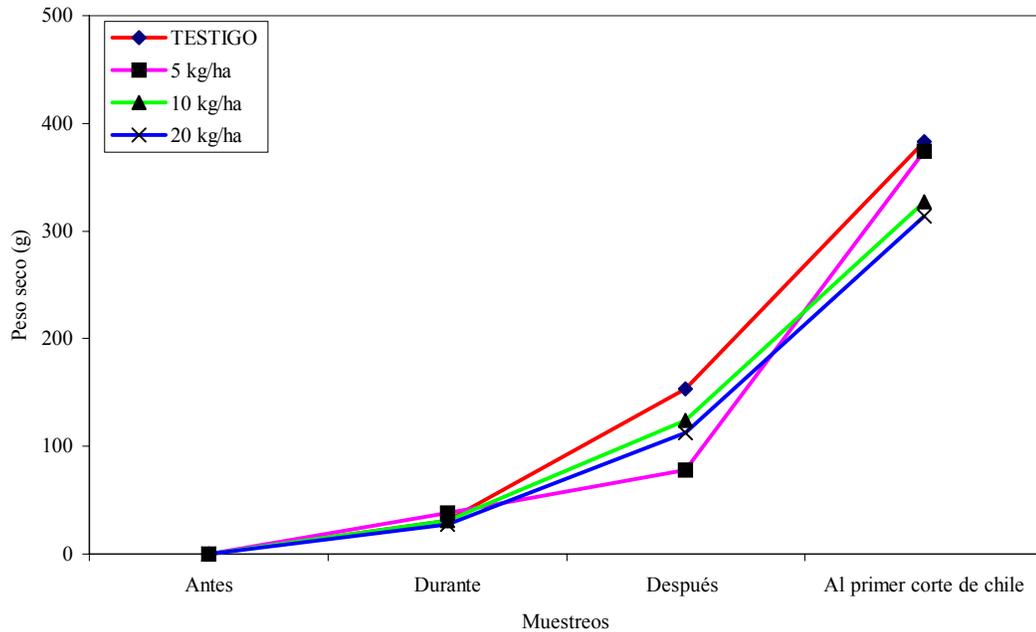


Fig. 13 Producción de biomasa de las malezas por m² a diferentes dosis de extracto de gobernadora.

Efecto de los tratamientos en el rendimiento total de Chile.

Al evaluar el efecto de los diferentes períodos de solarización y dosis de extracto de gobernadora sobre el rendimiento total y por corte, podemos observar en las Figuras 14, 15, 16 y 17, que en cuanto a los períodos de solarización el testigo no solarizado presentó una reducción en el rendimiento del 94 % en comparación con los tratamientos solarizados, observándose una diferencia estadística altamente significativa ($p > 0.05$). Las parcelas con 50 y 80 días de solarización reportaron los mejores rendimientos habiendo totalizado 65.6 y 71.26 ton/ha respectivamente, en comparación con testigo sin solarizar y sin extracto de gobernadora que produjo solamente 3.54 ton/ha. Este bajo rendimiento se debió al efecto de la competencia del cultivo de Chile con las malezas presentes y que se dejaron hasta el final del cultivo. En cuanto al extracto de gobernadora en la figura 16 y 17 se puede observar que no produjo un efecto que incrementara el rendimiento, ya que las diversas dosis evaluadas resultaron igual que el testigo sin extracto.

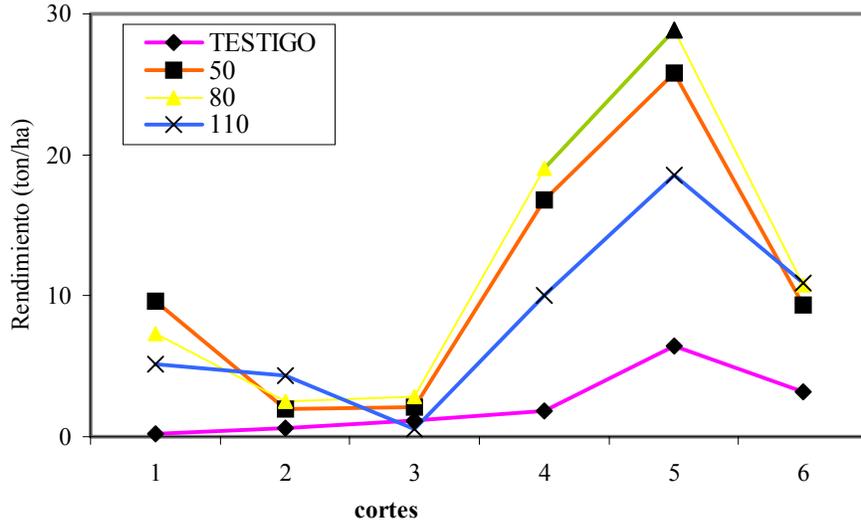


Fig. 14 Rendimiento por corte con diferentes periodos de solarización (días) en el cultivo de chile.

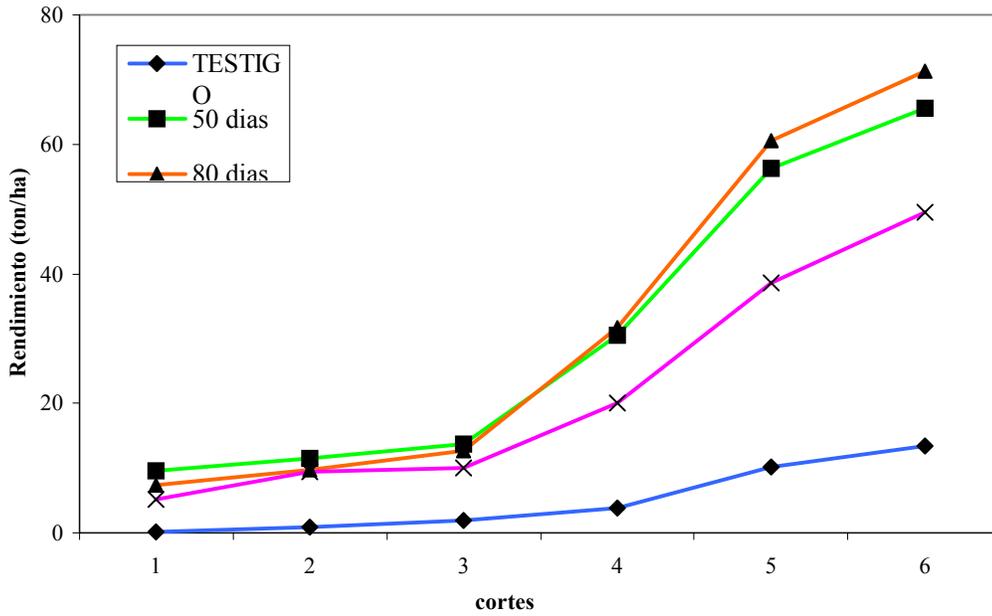


Fig. 15. Rendimiento acumulado dl cultivo de chile con diferentes periodos de solarización.

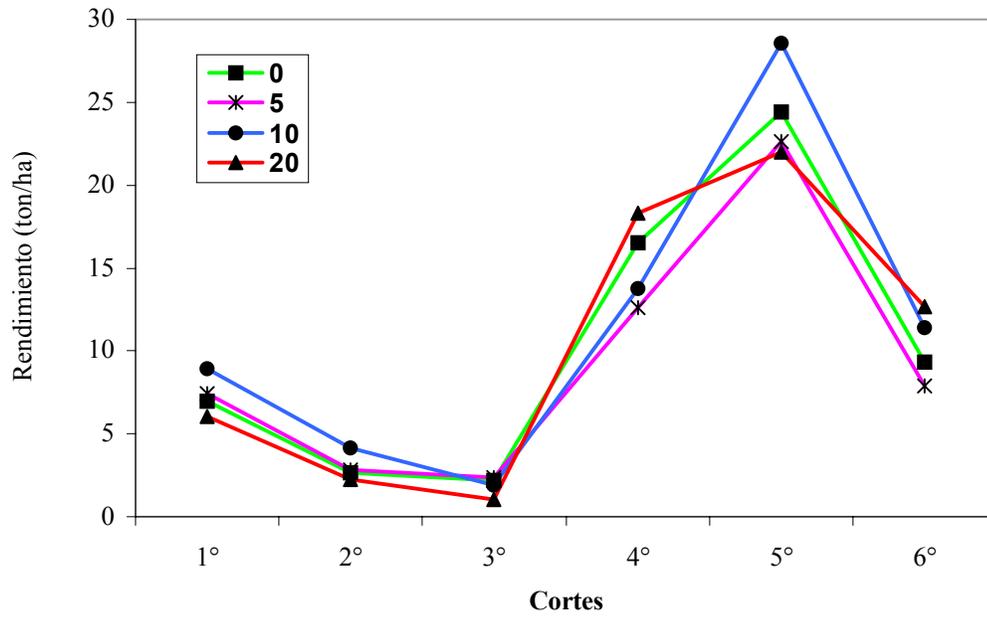


Fig. 16 Rendimiento por corte con diferentes dosis de extracto de gobernadora en el cultivo de chile.

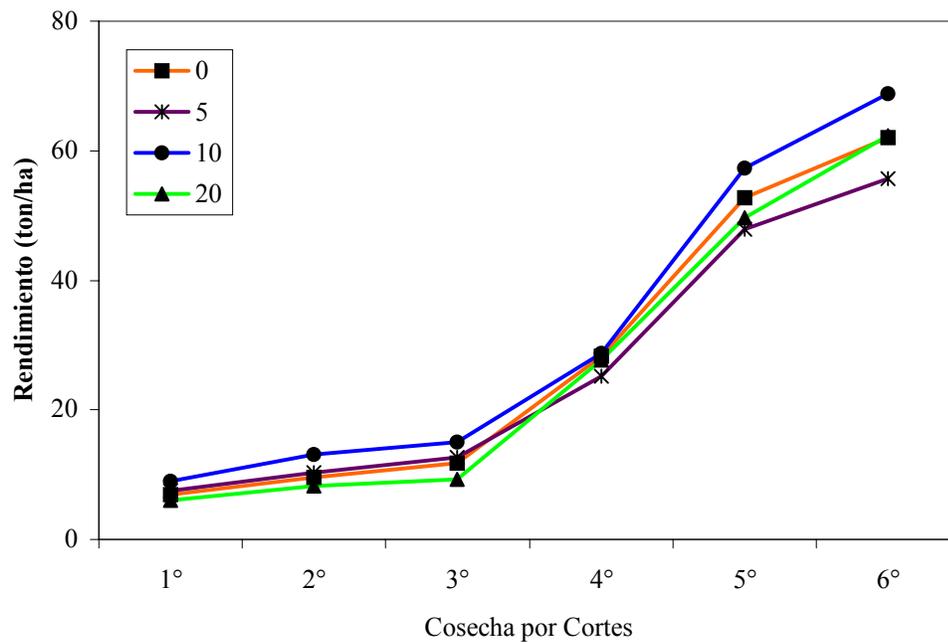


Fig. 17. Rendimiento acumulado del cultivo de chile con diferentes dosis de extracto de gobernadora.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados antes expuestos podemos concluir los siguiente:

- La solarización a 1.3 cm de profundidad del suelo incrementó la temperatura del mismo en 33.4°C en comparación con el suelo desnudo, esto ocasionó efectos letales en el banco de semillas de malezas en el primer estrato del suelo.
- El tratamiento de 50 días de solarización realizado desde finales de abril al 23 de Mayo fue el más adecuado para reducir la presencia de malezas durante el desarrollo del cultivo de chile.
- El extracto de gobernadora en las semillas de malezas (las dosis evaluadas 5, 10 y 20 kg/ha) e incorporadas al suelo no reporta ningún efecto adverso sobre la germinación y su desarrollo.
- Las malezas presentes en el testigo redujeron en un 94% el rendimiento de chile en comparación con el rendimiento de los tratamientos solarizados.
- No se encontró efecto inhibitor en la interacción entre la solarización y el extracto de gobernadora que permitiera inhibir la germinación.
- Es conveniente analizar el efecto de dosis mas elevadas de extracto de gobernadora para determinar si existe o no efecto inhibitor en la germinación de malezas.

LITERATURA CITADA

- Abdallah, M. M. T. 1999. No tillage sweet corn production following solarized faba bean and effect of Orobanche seeding depth. Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Egypt. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo, 50: (3); 416-435.
- Alexander, R. T. 1990. Proceedings of the Forty-Third New Zealand Weed and Pest Control Conference. p. 270-273.
- Arora, A ., 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 Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista Saltillo.
- Barbour, M. G., G. Cunningham, W. C., Oechel, y , S. A. Bomberg., 1997. Growth and development, form and function. In: Heingiker, J. H. y D. R. Difeo. (eds). Creosote bush: Biology and Chemistry of *Larrea* in New World Desert Dowden. Hutchinson and Ross, Pennsylvania. p. 48-91.
- Bawazir A. A., A. K Rowaished y 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). p 89-93.
- Bennett E. L y J. Bonner., (1953); Isolation of plant Growth Inhibitors from *Thamnosma montana*. Am. J. Bot 40: 29-33.

Beltran G. F. 2002. Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* Para el Control de Nemátodos Fitoparásitos en el del Cultivo de Chile, Tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila, México.

Bertolino, R. 1999. Alternatives to methyl bromide for soil desinfestation. Colture-Protette. p 1-63.

Biradar I. B., M. N. Hosamani., B. M. Chitapura., S. N Patil. 1997, Effect of soil solarization on weed control and its after effects on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Department of Agronomy, University of Agricultural. p 966-970.

Brinker, F. 1993/94. *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or Creosote Bush).British Journal of Phytotherapy 3:(1):10-31.

Campiglia E., O. Temperini., 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. Universita degli studi della Tuscia Viterbo, Italy. 5: (3): p 36-42.

Campos, L. E., T. J. Mabry., y S. F. Tavison. 1979. Larrea. Serie El Desierto. Volumen 2. Centro de Investigación en Química Aplicada. Comisión Nacional de Zonas Áridas. Saltillo, Coah., México. 411 p.

Castillo M., P. Moya., R. Cantin., J., Primo. 1999. Insecticidal, anti-juvenile hormones and fungicidal activities of organic extracts from different *Penicillium* species and their isolated active compounds. J. Agric. Food Chem. 47:2120-2124.

Coyle J. y N.C. Roberts., 1975; A field Guide to the common and Interesting Plants of Baja California. Natural History Pub. Co. La Jolla, Calif.

Cross, J., A. M. Berrie y M. Ryan. 1994. Progress toward integrated plant protection in strawberry production in the UK Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases 2:725-730.

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 del chile, Tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila, México.

DeVay, J. E. 1995. Solarization: An environment-friendly technology for pest management. Arab Journal of Plant Protection 13(2): 97-102.

Defilippi B., J. Montealegre y V. Diaz., 1998, Control of weeds by soil solarization and methyl bromide in San Pedro, Metropolitan Region, Chile, Departamento de Fruticultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004. Santiago, Chile., Agro-Sur. 26:(1). p 26-35.

Egley G.H. 1983. Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. Weed Science 31:404-409.

Elakovich. S. D. y K. L. Stevens., 1985; Phytotoxic Properties of Nordihydroguajaretic Acid-A Lignan from *Larrea tridentata* (Creosote Bush). J. Chem. Ecol. 11(1): 27-34.

Elmore, C. L., J. J. Stapleton., C. E. Bell., y J. E. DeVay. 1997. Soil Solarization

a Nonpesticidal Method for Controlling Diseases, Nematodes, and Weeds. University of California. Publication 21377.

Fernández, S.; Hurtado, M. L. and Hernández, F. 1979. Fungicidal Components of Creosote Bush Resin. *Advances in Pesticide Science Part 2*. Press Oxford, USA. 351-355

García, M. E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Coopen (adaptada a las condiciones de la República Mexicana). Ed. Cuarta. País México.

García, E. R., P. M. Cordobilla., S. M. Vega y B. B. Tlalpal. 1997. Alelopatía y control de enfermedades de la raíz en jitomate con la adición al suelo de gobernadora (*Larrea tridentata*). p 72-74.

Garza, L. J. G., C. G López., y R. V. González. 1996. Evaluación *in vitro* de la resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) contra *Rhizoctonia solani*, Patógeno de Papa. Informe de Investigación del Campo Experimental. Saltillo, INIFAP-SAGAR.

Gómez, L. R. F. 1994. Efecto de las películas plásticas fotoselectivas para acolchado de suelos en calabacita (*Cucúrbita pepo* L. cv *zucchini* Gray). Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila.

Gnabre, J. N., J. N. Brady., D. J. Clanton. 1995. Inhibition of human immunodeficiency virus type I transcription and replication by DNA sequence-selective plant lignan. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. p 11239-43.

Horowitz, M. et al 183 Solaritation for weed control. *Weed Science*. 31: 170-179.

Jacobsohn, R. , A. Greenberger. J. Katan., M. Levi y H. Alon. 1980. Control of Egyptian broomrape (*Orobanche aegyptica*) and other weeds by means of solar heating of the soil by polyethylene mulching. Weed Science., 28: 312.

Katan, J.y J. E. DeVay. 1991. Soil Solarization. CRC Press. Florida.

Lira, S. R. H., A. R. Gamboa, y C. L. A. Villareal. 2001. Efecto de cuatro extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* sobre el desarrollo micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn. Memorias del XXVIII. Congreso Nacional de Fitopatología. p F56-F57..

Munro, O. D. *et al.* 1987. Avances de la investigación en el uso de plásticos en la producción de melón. INIFAP-CIFAP. Mich. CEFAPVA. p 23.

Narro, C. A. 1985. El Acolchado de Suelos, Metodología y Riego en el Cultivo del Chicharo. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista Saltillo, Coahuila.

O’Neill, T. 1997. Soil Desinfestation Alternatives for Methyl Bromide.

Agronomist 1:4-6.

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 Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Pullman, G. S., J. E. DeVay., A. R. Weinhold y R. H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature the four soilborne pathogens. Phytopathology 71: 959-964.

**Rubin, B. y A. Benjamín. 1983. Solar sterilización ois a tool for weed control.
Abst. Weed Sci. Soc. A. p 133**

- Sakakibara, M. y T. J. Mabry. 1975. A New 8-Hydroxyflavonol from *Larrea tridentata*. *Phytochem* 14:2097-98.
- Stapleton, J. J. y J. E. DeVay. 1986 Soil Solarization : a non-chemical approach from management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*. 5, 190.
- Stapleton, J. 1997. Soil Solarization : An Alternative Soil Desinfestation Strategy Come of Age. *Sustainable Agriculture* 9(3):7-9.
- Stevens, C. 1990. Soil solarization and Dacthal: influence on weeds, grouws, and root microflora of collards. *Hortscience* 25(10):1260-1262
- Sudha, T., H. V Nanj app y S. Udikeri. 1999. Soil solarization for weed control in chilli and capsicum nursery. Department of Agronomy. University of Agricultural Sciences. Dharwad, Karnataka, India. *Crop Research Hisar*; 17: (3): 356-362.
- Verástegui, M. A., C. A Sánchez., N. L. Heredia., y Gracia, A. J. 1996. Antimicrobial activity of extracts of three mayor plants from the Chihuahuan desert. *Journal of Ethnopharmacology*. 52: 175-177.
- Villarreal Q. J. A. 1999. Malezas de Buenavista Coahuila; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 269 pp.
- Wheeler, W. B., y N. S Kavar. 1997. Environmental hazard of Fumigants: The Need for safer Alternatives. *Arab Journal of Plant Protection*. 15(2):154-162.
- Yucel, S. H. Pala., S. Cali., A. Erkilic. y R. Albajes. 2000. Combination of *Trichoderma spp.* and soil Solarization to Control Root rot Diseases of Cucumber in Greenhouses Conditions. IOBC-WPRS Working Group. "Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate". Proceedings of the meeting, Antalya, Turquía. 23(1):78-81.