

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



**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* Coville Para el Control de Nemátodos Fitoparásitos en el Cultivo del Chile.**

**Por:**

**FILOMENO BELTRÁN GARCÍA**

**TESIS**

**Presentada Como Requisito Parcial Para  
Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Marzo, 2002**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* Para el Control de Nemátodos  
Fitoparásitos en el Cultivo del Chile.<sup>1</sup>**

**TESIS**

Presentada por:

**Filomeno Beltrán García**

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

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

Presidente del Jurado  
M.C. Jesús García Camargo

Asesor Externo  
Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar

Asesor  
Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez

Asesor  
Dr. Gabriel Gallego Morales

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Marzo, 2002

<sup>1</sup> Tema de tesis que forma parte del Proyecto “Control Biofísico de Fitopatógenos en Cultivos Hortícolas” con clave 20000601005, aprobado para el 2001-2002 por el sistema SEP-CONACyT-SIREYES y Fundación PRODUCE Coahuila.

## **DEDICATORIA.**

A mis Padres.

Este trabajo de tesis esta dedicado con profundo amor, admiración, a ellos. Gracias por ser un ejemplo a seguir en la vida, gracias por ser mis Padres, que son el tesoro más valioso que Dios me ha dado, siendo el principal motivo de mi superación.

En memoria a mi abuelito Esteban García por compartir momentos tan bellos y sabios consejos, así como para mi más querida abuelita Maximina Otero gracias a Dios por compartir bellos momentos de su vida y recordar aquellos tiempos.

A todos mis hermanos, hermanas por compartir gratos momentos en la vida.

A todos mi sobrinos, que los quiero mucho y sin faltar a todas mis cuñadas.

Al M.V.Z, Miguel R. Rosales por haberme apoyado en los momentos que más necesite y por depositar en mi su confianza y haberme comprendido como un hijo.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A DIOS por guiarme por el camino correcto, por darme fé, esperanza, y por que en todo momento esta conmigo.

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 Saldívar, por haberme aceptado en el proyecto bajo su dirección, por su gran apoyo en la revisión de la tesis; pero sobre todo, por su amistad sincera y sus consejos recibidos de él.

Al M.C. Jesús García Camargo, por ser mi maestro en Nematología de quién aprendí mucho, y por su apoyo desinteresado.

Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez, por su apoyo a la revisión de la tesis y por su comprensión

Al Dr. Gabriel Gallegos Morales, por formar parte del Jurado Examinador.

Al Ing. Jesús Cruz Blasí, por su apoyo técnico para la realización de esta investigación.

A todos mis maestros (as) que en un momento tuve la oportunidad de ser merecedor de sus conocimientos y experiencia mil gracias, porque les debo lo que he aprendido.

A mis amigos, de parasitología: Alejandro, Aarón y Alexis, por el buen equipo que formamos durante toda la fase de campo.

Y desde luego sin faltar ala más grata compañía femenina: Guadalupe Godínez, Juliana Bautista, Elena Santiago, Lilia cruz “fiel compañera” Universitaria y para la buena amiga Esmeralda mi “Madrina”.que Dios los conserve por mucho tiempo.

A mis amigas compañeras tesistas Rosario Sánchez O y Franciella Balvatin G. por su bella amistad que nos une.

## ÍNDICE DE CONTENIDO.

	Página.
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE ÁPENDICE</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....	vi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Hipótesis.....	4
Objetivos.....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5

Importancia de los Nemátodos en la Agricultura.....	5
Principios de la Solarización.....	7
Efectos de la Solarización.....	9
En la temperatura del suelo. ....	9
Efectos de la solarización de suelos en nemátodos fitopatógenos.....	11
Efectos de la solarización de suelos en el control de <i>Meloidogyne</i> spp.....	12
Efectos de la solarización de suelos en el control de <i>Tylenchulus semipenetra</i> .....	15
Efectos de la solarización de suelos en el control de <i>Ditylenchus dipsaci</i> .....	15
Efectos de la solarización de suelos en el control de <i>Helicotylenchus</i> spp. y otros géneros.....	16
Efectos de la solarización de suelos en el control de nemátodos del quiste de la papa, <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. pallida</i> .....	16
Uso de Extractos Vegetales para el Control de Fitopatógenos. ....	17
Características de <i>Larrea tridentata</i> o gobernadora. ....	17
Efectos funguicidas y bactericida. de la resina de gobernadora.....	19
Efecto nematicida. de la resina de gobernadora.....	19
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
Localización y características del sitio experimental. ....	20
Localización.....	20
Clima. ....	20

Suelo.....	20
Agua. ....	21
Características del experimento. ....	21
Diseño experimental. ....	21
Variables Evaluadas.....	22
Análisis estadístico. ....	22
Obtención de la resina de Gobernadora. ....	22
Colecta del follaje. ....	22
Secado del material vegetal. ....	22
Cribado de hojas secas. ....	23
Extracción por el método de inmersión en etanol. ....	23
Evaporación del solvente. ....	23
Secado y molienda de la resina. ....	23
Establecimiento de la parcela experimental. ....	24
Preparación del terreno. ....	24
Incorporación de la resina de Gobernadora. ....	24
Instalación del sistema de riego y colocación del acolchado plástico transparente .....	24
Monitoreo de la temperatura del suelo. ....	25
Muestreo del Suelo para Cuantificación de Nemátodos.....	25
Procesado de Muestras de Suelo. ....	26

Extracción de nemátodos filiformes.....	26
Técnica de montajes semipermanentes para nemátodos filiformes.....	26
Identificación taxonómica de nemátodos.....	28
Producción de las plántulas en el invernadero. ....	28
Prácticas agronómicas de manejo del cultivo de chile. ....	29
Acolchado con polietileno coextruido plata/negro. ....	29
Trasplante. ....	29
Riego y fertilización. ....	29
Control de plagas y enfermedades. ....	30
Cosecha. ....	30
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
Efecto de la solarización en la temperatura del suelo.....	31
Diversidad de Nematodos Encontrados en el Lote Experimental.....	34
Densidad Poblacional de Nemátodos al Inicio de los Tratamientos.....	35
Efecto de la Solarización y la Resina de Gobernadora en las Poblaciones de Nemátodos.....	36
Densidad Poblacional al Segundo Muestreo.....	36
Densidad Poblacional al tercer Muestreo.....	38
Densidad Poblacional al cuarto Muestreo.....	39

Fluctuación Poblacional de Nemátodos Después de los Tratamientos y Durante el Desarrollo del Cultivo de Chile.....	40
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>45</b>
<b>ÁPENDICE.....</b>	<b>50</b>

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Densidad de nemátodos en el primer muestreo antes de los tratamientos...	36
Cuadro. 2. medias de nematodos/100 g del suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora, durante el segundo muestreo.....	38

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Densidad de nemátodos en el primer muestreo antes de los tratamientos...	36
Cuadro. 2. medias de nematodos/100 g del suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora, durante el segundo muestreo.....	38
Cuadro. 3. Comparación de medias de nemátodos del suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora durante el tercer muestreo.....	40
Cuadro. 4. Comparación de medias de nemátodos del suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora.....	41
Cuadro. 5. Temperaturas mínimas promedio durante el inicio de solarización y desarrollo del cultivo del chile.....	42

## ÍNDICE DE CUADROS APÉNDICE.

Cuadro A 6. Géneros y nombres comunes de nemátodosnfitopásitos (Malcum, 2,000)..	57
Cuadro A 7. Pérdidas estimadas a nivel mundial del rendimiento anual en diversos cultivos a causas de los nematodos Sasser 1989, citado por (Malcum , 2,000).....	58
Cuadro A 8. Registro de aplicaciones de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades en el cultivo del chile en el presente estudio.....	59
Cuadro A 9. Análisis de varianza para el segundo muestreo de nemátodos.....	60
Cuadro A 10. Análisis de varianza para el tercer muestreo de nemátodos.....	60

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Temperaturas del suelo a diferentes profundidades en el día más caliente durante el período de solarización (TA=Temperatura aire; T-1=1.3; T-10 cm de profundidad).....	33
Figura 2. Fluctuación de temperaturas registradas con diferentes periodo de Solarización (TA=Temp. del aire; T10=Temp. Suelo a 10 cm; T1=Temp. a 1.3 cm).....	34
Figura 3. Densidad de nemátodos bajo diferentes periodos de solarización.....	43
Figura 4. Densidad de nemátodos bajo diferentes dosis de resina de gobernadora.....	45

## INTRODUCCIÓN

El daño causado por los nemátodos es uno de los más importantes factores que limitan el rendimiento de los cultivos en la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales del mundo, pero muchas veces este problema es ignorado. Las pérdidas en cultivos anuales debido a nemátodos que parasitan a las plantas se encuentran en el rango del 3.3 % para la cebada hasta el 20.6 % en tomate. A nivel mundial las pérdidas causadas por los nemátodos en cultivos consumidos por los humanos es estimado entre el 11 y 14 %, lo que significa un total de casi 80 billones de dólares, de acuerdo con Sasser (1989), citado por Malculm *et. al* (2000).

El uso de los nematicidas ha sido tradicionalmente un importante método para el control de los nematodos; en México se utilizan alrededor de 27,630 toneladas de plaguicidas al año, de los cuales el 10% son nematicidas, sin embargo, la aplicación de

muchos de los más eficaces nematicidas fumigantes causan significativos riesgos para la salud de humanos, animales y el medio ambiente; tal es el caso de los nematicidas fenamifos, carbufuran, aldicard y terbufos, ampliamente usados en el cultivo de plátano para el control del nemátodo *Radopholus similis*, que afectan notablemente a los microorganismos del suelo o bien ocasionan una gran mortandad de la fauna acuática, además de que provocan alteraciones nerviosas a los que aplican dichos productos (Tzapinco, 1997).

Actualmente se están dando cambios radicales en esas prácticas en las áreas más tecnificadas del mundo (Castillo *et al.*, 1999); la razón principal de estos cambios han sido las acciones regulatorias internacionales que han venido eliminando y poniendo fuera del mercado a los agroquímicos que han mostrado ser dañinos y peligrosos para la salud pública y los ecosistemas (Bertolino, 1999; Stapleton, 1997).

Tal es el caso del bromuro de metilo, del que se usan unas 80,000 toneladas al año, las cuales después de ser aplicadas al suelo se evaporan a la atmósfera, después se desplaza hasta la estratósfera y está contribuyendo a la desaparición progresiva de la capa de ozono; algunos otros nematicidas se percolan a los acuíferos, llegando a formar parte del agua usada para consumo humano. Con base en los acuerdos del Protocolo de Montreal el bromuro de metilo será eliminado de los países desarrollados en el año 2005 y del mercado mundial para el 2010 (O'Neill, 1997). Es por eso que muchos esfuerzos de investigación se están realizando para encontrar métodos alternativos más amigables con el medio ambiente, para mejorar el manejo y control de nemátodos que son problemáticos en la agricultura.

Una de las aplicaciones más prometedoras para el control de plagas de suelo incluyendo artrópodos, insectos, fitopatógenos, nemátodos y malezas es la solarización, el cual es un método físico hidrotérmico que requiere el uso de plásticos transparentes como

acolchado antes de la plantación, y preferentemente deberá aplicarse en la época más caliente del año (Elmore *et al.*, 1997; Katan y DeVay, 1991).

Por otro lado, la desinfección biofísica o biofumigación es un concepto nuevo que conjunta los procesos de solarización y el efecto sinérgico de la incorporación de estiércol, extractos vegetales o residuos de cosecha, los cuales mejoran la acción de las temperaturas alcanzadas durante la solarización que por sí solas son letales para la mayoría de los fitoparásitos del suelo. La materia orgánica incorporada acelera su proceso de descomposición liberando diversos compuestos volátiles como aldehídos, sulfitos, alcoholes e isotiocianatos, los cuales son tóxicos para diversos fitopatógenos del suelo. La biofumigación ha sido reportada principalmente con especies de la familia de las Brassicaceas y con gallinaza (Stapleton, 2000).

Una de las plantas más prometedoras para el desarrollo de biopesticidas y para ser usada en biofumigación es la gobernadora (*Larrea tridentata*), especie endémica de las zonas áridas del norte de México y suroeste de los Estados Unidos; que produce una gran cantidad de resina en las hojas, constituyendo del 10 hasta más del 30 % del peso seco del follaje (Sakakibara *et al.*, 1975; Lira *et al.*, 2001). El principal componente de la resina es el ácido nordihidroguaiarético (NDGA), el cual ha mostrado tener propiedades como fungicida (Fernández *et al.*, 1979; Salazar *et al.*, 1990 y Lira *et al.*, 2001), insecticida (Cortéz *et al.*, 1993), bactericida (Verastiegui *et al.*, 1996 y Velásquez, 1983), nematocida (Huerta, 1986) y antiviral (Gnabre *et al.*, 1995).

Por su parte, el cultivo de chile es la quinta hortaliza más importante del mundo en cuanto a superficie cultivada y ocupa el octavo en cuanto a producción total, prácticamente está distribuida 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 2,001 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%, habiéndose sembrado 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 (U.N.P.H, 2001).

Dentro de las limitantes de los sistemas de producción del cultivo de chile se encuentran las causadas por nemátodos fitopatógenos; entre ellos, el más importante en el cultivo de chile es *Meloidogyne incognita* el cual causa pérdidas por el orden de 12.2% del rendimiento esperado (Sasser, 1989 citado por Molcum *et al*, 2001). Por lo tanto, la biofumigación con solarización y la incorporación de extracto de gobernadora representa una opción para el control de nemátodos que substituyan a los actuales nematicidas fumigantes (1.3 dicloropropeno, fenamifos, carbufuran, aldicard, terbufos, dazomet y bromuro de metilo), esto implica un manejo agronómico de los cultivos desde una perspectiva ecológicamente sustentable y sin deterioro del medio ambiente.

### **Hipótesis.**

El incremento en la temperatura del suelo provocado por la solarización con el acolchado plástico transparente y el efecto biocida del extracto de *L. tridentata* incorporada al suelo, ocasionará una reducción de las poblaciones de nemátodos fitopatógenos del suelo, promoviendo de esta manera un efecto de biofumigación. De acuerdo con esta hipótesis se plantearon los siguientes objetivos.

### **Objetivos**

De acuerdo con lo anteriormente descrito, el objetivo general de este trabajo fue analizar el posible efecto sinérgico de la interacción solarización del suelo más dosis de un extracto hidrosolubles de resina de gobernadora (*L. tridentata*). Los objetivos particulares en este trabajo son los que describen a continuación:

- Conocer si las temperaturas alcanzadas con solarización durante la primavera, tienen un efecto letal sobre los nemátodos.
- Determinar la época y duración de la solarización que sea más eficaz para reducir la densidad poblacional de nemátodos fitopatógenos del suelo.
- Generar información de campo sobre el efecto nematicida del extracto etanólico hidrosoluble de resina de gobernadora aplicado al suelo, sobre las poblaciones de nemátodos.
- Evaluar el posible efecto sinérgico de la solarización y el extracto de gobernadora sobre las poblaciones de nemátodos.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Importancia de los Nemátodos en la Agricultura**

Los nemátodos son los más abundantes animales multicelulares de la tierra, son organismos muy activos que pertenecen al Phylum Nematoda (o Nemata) del reino Animal. Ellos constituyen un grande y diverso grupo de lombrices microscópicas, redondas no segmentadas y se encuentran virtualmente en todas partes. Se considera que solamente cerca del 10 % de todas las especies de nemátodos descritos son parásitos de las plantas. Casi el 15 % de las aproximadamente 20,000 especies conocidas son parásitos de animales, alrededor del 50 % son nemátodos marinos, y el restantes 25 % son de vida libre (Malcom 2,000).

Diferentes especies de nemátodos parásitos de las plantas pueden habitar e infectar la mayoría de las partes vivientes de las plantas, incluyendo flores, yemas, hojas, tallos y raíces. Más de 3 billones de nemátodos pueden estar presentes en 0.405 ha (1 acre) de tierra. Muchas especies ocurren en los 30 cm superiores del suelo, pero algunos se encuentran mas comúnmente en estratos inferiores, como los nemátodos reniformes en el cultivo de la piña, los nemátodos agalladores de la raíz del café y los nemátodos daga en la vid los cuales se encuentran a mas de un m de profundidad. Aproximadamente 0.5 kg de suelo en un campo cultivado fértil con un cultivo de amplia cobertera generalmente contiene de 10 a 20 especies que pertenecen a diversos géneros, incluyendo ecto y endoparásitos, depredadores y saprófitos. Los géneros y nombres de nemátodos parásitos de las plantas más comunes se presentan en el Cuadro A- 6 del Apéndice (Malcom 2,000).

Los nemátodos se encuentran parasitando plantas que se desarrollan en campos cultivados, praderas, bosques, viveros, huertos, invernaderos y macetas. Su importancia a nivel mundial como un agente causal de enfermedades de un rango amplio de especies de plantas de gran impacto económico fue reconocido hasta mediados de los años 1940. El sentir general ha sido que los problemas de nemátodos eran principalmente restringidos a las áreas agrícolas tropicales y subtropicales, siendo el principal problema el causado por los nemátodos agalladores de la raíz (Malcom 2,000).

El daño a los cultivos por los nemátodos frecuentemente es atribuido a otros factores limitantes como el ambiente aéreo y del suelo, enfermedades, insectos, ácaros y animales superiores; esto especialmente en la agricultura tropical y subtropical. Los nemátodos generalmente no son considerados o reconocidos como factores limitantes de consideración en cultivos agrícolas hasta, que todos los demás factores limitantes de la producción han sido eliminados (Malcom 2,000).

Algunas especies se alimentan y solamente de los tejidos externos de las plantas, sin embargo, algunos viven y se alimentan de los tejidos internos. El daño causados por los nemátodos en los cultivos anuales se relaciona con la densidad poblacional de los mismos en el suelo al momento de la siembra. La situación de alguna manera es diferente en los cultivos perennes, ya que el daño de unos pocos nemátodos generalmente no tienen consecuencias pero pueden ocasionar problemas serios en cultivos futuros. Una población elevada en el suelo puede reducir el rendimiento o el valor estético del hospedero o bien puede ocasionarle la muerte. Sasser (1989) citado por Malcom (2000), estimó que las pérdidas en cultivos anuales debido a nemátodos que parasitan a las plantas se encuentran en el rango del 3.3 % para la cebada hasta el 20.6 % en tomate (Cuadro A-7 del apéndice). Este autor considera que a nivel mundial las pérdidas causadas por los nemátodos en cultivos consumidos por los humanos es estimado entre el 11 y 14 %, lo que significa un total de casi 80 billones de dólares.

El cultivo del chile así como la generalidad de los cultivos hortícolas son severamente atacados por una gran diversidad de nemátodos fitopatógenos. La captura de información bibliográfica realizada como monografía por Vicencio (1996), reporta los nemátodos que mas comúnmente atacan a las siembras de chile en México, *Meloidogyne* spp, *Nacobbus aberrans* y *Pratylenchus* spp.

## Principios de la Solarización.

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). Con 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 más 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.
- ◆ El mejor tiempo para acolchar el suelo debe ser determinado experimentalmente acolchando el suelo con polietileno (PE) transparente y midiendo las temperaturas que se alcanzan a las profundidades deseadas. Datos meteorológicos de años anteriores y modelos predictivos pueden facilitar esta tarea.
- ◆ 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 aumentar 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).

- ◆ El suelo puede ser humedecido aplicando un riego antes de acolchar. Riegos adicionales durante la solarización, ya sea con riego por goteo o riego por surcos generalmente no son necesarios, excepto en suelos arenosos, porque de lo contrario se puede reducir la temperatura del suelo, a menos que el riego sea de noche. Buenos resultados han sido alcanzados con la técnica de un solo riego con el acolchado transparente.
- ◆ Entre más delgada es la película plástica, mayor es la cantidad de radiación que se transmite al suelo y por lo tanto es mayor la temperatura alcanzada.
- ◆ Prolongar el período de solarización generalmente permite un mayor control de patógenos en capas de suelo 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 cultivo.
- ◆ 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 .

Por otro lado, el plástico de polietileno (PE) de una milésima de pulgada (0.025 mm ó 25 micras) de espesor es eficiente y económico pero no muy resistente al rompimiento debido al viento o al dañado causado por animales. Los agricultores que se localicen en áreas con mucho viento deben considerar el uso de películas plásticas de 1.5 a 2 milésimas de pulgada (0.038-0.05 mm) de espesor. Utilizar una doble capa de plástico con un espacio de aire entre ambas capas simula el efecto de invernadero y puede incrementar la temperatura del suelo entre 2 y 10°C. El uso de una doble capa de PE requiere de trabajo adicional, tiempo y dinero pero puede hacer la solarización de suelos más factible en áreas con climas fríos (Elmore *et al.*, 1997).

La solarización debe aplicarse en la época del año cuando las temperaturas ambientales sean más altas, cuando la longitud del día sea mayor, el cielo permanezca despejado y no ocurran vientos con frecuencia. (Elmore *et al.*, 1997).

### **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 está 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 cuatro de la tarde), la temperatura interior va en aumento y se conserva durante más tiempo (Elmore *et al.*, 1997).**

Pullman *et al.* (1981) reportaron que la temperatura registrada en los suelos solarizados con plástico de bajo espesor (25  $\mu\text{m}$ ) 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  $\mu$ ) 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 trabajo 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. A esta misma profundidad, la temperatura antes mencionada sólo fue alcanzada durante 6 días en las parcelas testigo.

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

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

#### **Efectos de la solarización de suelos en nemátodos fitopatógenos.**

A pesar de que los nemátodos son los microorganismos más sensibles a las altas temperaturas, la solarización de suelos no siempre es tan efectiva en controlar nemátodos en comparación con el control de enfermedades fungosas y malezas, debido a que los nemátodos son relativamente móviles y pueden recolonizar el suelo rápidamente. El control con solarización es mayor en los primeros 30 cm del perfil del suelo. Los nemátodos a mayor profundidad en el suelo pueden sobrevivir a la solarización y dañar las plantas con sistemas de raíz más profundos. El control de nemátodos con la solarización es generalmente adecuado para mejorar el crecimiento de plantas de raíz poco profunda y de ciclo corto. Dentro del grupo de los nemátodos de mayor importancia económica en la agricultura, que han sido controlados satisfactoriamente por este método son los que se reportan a continuación: *Ditylenchus dipsaci*; *Macroposthonia xenoplas*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne hapla*, *Globodera rostochiensis*, *Pratylenchus penetrans*, *Tylenchulus semipenetrans*, *Pratylenchus praensis*, *Pratylenchus thornei*, *Paratylenchus hamatus*, *Rotylenchus incultus*, *Criconemella xenoplas*, *Paratrichodorus lobatum* y *Paratrichodorus minor*, *Helicotylenchus digonicus*, *Heterodera schachtii*, *Criconemella* sp. y *Xiphinema* sp. (Katan y DeVay, 1991; Elmore *et al.*, 1997).

Siti. (1982), reportaron un excelente control de nemátodos *Ditylenchus dipsaci* en el cultivo del ajo cubriendo el suelo con polietileno transparente. Por su parte Porter y Merriman (1982), encontraron que los nemátodos *M. xenoplas*, *M. javanica*, *P. penetrans* y *T. semipenetrans* fueron más sensitivos al tratamiento de solarización que varios hongos más comunes del suelo.

Stapleton y Devay (1983), establecieron experimentos de campo por 4 a 6 semanas con solarización y/o nematicidas; encontrando que con la solarización y solarización más nematicida se redujeron las poblaciones en un 42 a 100% de *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Paratrichodorus*, *Criconemella*, *Xyphinema* y *Pratylenchus* cuando compararon con el testigo. La disminución en la población de nemátodos cuando se aplicó solamente el nematicida, fueron significativamente menores.

Barbercheck y Von Brombsen (1986), determinaron que las poblaciones totales de nemátodos *P. pratensis*, *R. incultus*, *C. xenoplas* y poblaciones mezcladas con *P. lobatum* y *P. minor* se redujeron entre 37 y 100% de sus niveles originales por solarización del suelo. Con la ayuda de diferentes trabajos de investigación, se logró detectar los géneros que no fueron controlados por este método; los cuales son *Meloidogyne incognita* y *Paratylenchus neoamblycephalus*. (Katan y Devay, 1991).

### **Efectos de la solarización de Suelos en el control de Meloidogyne spp.**

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

tratamiento con bromuro de metilo ( $85 \text{ g/m}^2$ ) logró controlar este nemátodo en 93.4, 100 y 100 % a las profundidades antes mencionadas.

Un trabajo realizado por Randig *et al.* (1998) con solarización y bromuro de metilo, reporta que el tratamiento con 25 días de solarización redujo la población de nemátodos del género *Meloidogyne*; sin embargo, la eliminación completa de estos nemátodos sólo se alcanzó después de 30 días de solarizar el suelo. Este estudio concluyó que la energía solar para solarizar el suelo fue efectiva para la desinfección del mismo, ya que redujo la población del nemátodo a niveles tan bajos como los alcanzados con el uso de bromuro de metilo.

Con la finalidad de controlar el nemátodo que provoca la agalla de la raíz en planta de tomate, Jain y Gupta (1997), realizaron un estudio en almácigo de este cultivo acolchándolo con polietileno transparente, los autores reportaron que la solarización logró controlar a *M. javanica*. Por otra parte Horrigue y Chirr (1998), reportan que la solarización de un suelo húmedo no tuvo un control muy eficaz del nemátodo *Meloidogyne* spp. lo cual posiblemente se haya debido al corto período de solarización o a la alta infestación del suelo por este patógeno, por lo que fue necesario hacer aplicaciones complementarias de nematicida para un adecuado control.

El trabajo sobre solarización de Nasr y Ahmadi (1997), reporta que la energía solar y la adición de estiércol a razón de 40 ton/ha redujo la incidencia de *M. javanica* en las raíces del cultivo del pepino durante los tratamientos aplicado en los meses de julio y agosto. La solarización del suelo con acolchado plástico transparente con grosor de 0.35 mm durante 139 días para controlar *M. javanica* fue estudiada por Bettiol *et al.* (1996), en el cultivo de okra. Estos autores encontraron que la solarización más melaza a razón de  $570 \text{ ml/m}^2$ , causaron una reducción de más del 80 % de la población de este nemátodo en el suelo en comparación con el tratamiento testigo, a la vez que encontraron un incremento de rendimiento hasta en un 60%.

El trabajo sobre solarización en suelos agrícolas como una alternativa para el control de nemátodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* spp. realizado por Jiménez y Gallo (1995) demostró que este tratamiento provocó una reducción en las poblaciones de nemátodos a las profundidades de 15 a 20 cm en comparación con el testigo. Sin embargo, no encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos.

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

En el trabajo de Fuente y Montealegre (1997), se estudió la solarización y fumigación con bromuro de metilo ( $68 \text{ g/m}^2$ ) para el control de nemátodos en un suelo con monocultivo de tomate. El suelo dentro de un invernadero sin calefacción fue solarizado durante 40 días durante enero y febrero. Los resultados de estos autores indican que el grado de control de las poblaciones naturales de *Meloidogyne* spp. fue excelente a 10 cm, pero a 20 y 30 cm de profundidad el control de nemátodos con solarización no fue eficiente. La fumigación con bromuro de metilo proporcionó un 100 % de control a las tres profundidades.

El estudio realizado por Gocmen y Elekcioglu. (1996), para determinar el efecto de seis semanas de solarización del suelo sobre *Meloidogyne* spp. dentro de un invernadero mostró que las plantas con agallas causadas por los nemátodos fueron reducidas de 63 a 2.3 después de la solarización del suelo. También se encontró una reducción del 100 % en el número de nemátodos formadores de las agallas de la raíz por 100 g de suelo, tres meses después de que se realizó el tratamiento de solarización.

Chon *et al.* (1996), realizaron un estudio para promover la esterilización solar del suelo usando una doble capa de vinilo que se colocó sobre la superficie del suelo por dos meses durante el ciclo de verano. Este tratamiento resultó ser efectivo para controlar a *Meloidogyne* spp. en el cultivo del melón.

El control de nemátodos del suelo en el cultivo de lechuga dentro de invernadero fue estudiado por Fiume (1995), sus resultados indican que la solarización de suelo redujo muy significativamente el grado de ataque en las raíces de lechuga por los nemátodos del género *Meloidogyne* spp. También se encontró que los tratamientos con solarización tuvieron el ciclo de crecimiento más corto, los más bajos síntomas de severidad por el ataque de nemátodos y los más altos rendimientos de lechuga.

La eficacia de la solarización para el control de *Meloidogyne* spp. fue estudiada por Caprio *et al.* (1995), sus resultados indican que la solarización con polietileno transparente de 0.04 mm de espesor con el que se cubrió el suelo durante el período del 17 de julio al 14 de septiembre, fue suficiente para reducir los niveles de nemátodos en comparación con el tratamiento testigo. Es interesante señalar que los análisis realizados indicaron que los nutrientes del suelo se incrementaron después de la solarización, particularmente  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ . Por otro lado, los rendimientos de lechuga y tomate del ciclo posterior a cuando se realizó la solarización se incrementaron en un 65 % y 49.28 % respectivamente.

La combinación de la solarización con compuestos orgánicos ha tenido buenos resultados; por ejemplo, un excelente control del nemátodo *M. incognita*) se obtuvo, combinando la solarización con la aplicación de gallinaza (Gamliel y Stapleton, 1993).

### **Efectos de la solarización de suelos en el control de *T. semipenetrans***

Con la finalidad de estudiar el efecto de la solarización de suelo para el control de *T. semipenetrans*, Ismail *et al.* (1997), realizaron un estudio solarizando durante los meses de junio a agosto un lote de cítricos (Naranja var. Washington Navel) con la finalidad de controlar este nemátodo. Sus resultados con solarización significativamente redujeron las poblaciones de nemátodos en el suelo y en las raíces de los naranjos hasta en un 95.8 %, en comparación con el tratamiento testigo. La solarización también incrementó el número y longitud de los pelos absorbentes de las raíces, el índice de actividad de crecimientos de las raíces, número de frutos, tamaño de las naranjas y rendimiento total. La calidad del jugo de naranja también se mejoró en los tratamientos solarizados.

### **Efectos de la solarización de Suelos en el control de *D. dipsaci*.**

La eficiencia de solarización por 30 o 50 días solo o en combinación con fenamiphos a 0.5, 1.0 o 1.5 g/m<sup>2</sup> para controlar a *D. dipsaci* en zanahoria fue evaluado, durante 1994-96 por Cartia *et al.* (1999). La solarización por 30 o 50 días registró una reducción significativa en la población de *D. dipsaci*, pero el mejor control fué obtenido en parcelas solarizadas por 50 días y tratadas con fenamiphos a 0.5 o 1.0 g/m<sup>2</sup>; la solarización también redujo el número de malezas hospederas del nemátodo.

### **Efectos de la solarización de suelos en el control de *Helicotylenchus* spp. y otros géneros**

El efecto de la solarización sobre, *Helicotylenchus* spp, *Tylenchorhynchus* spp, *Tylenchus* spp, *H. ciceri* y *P. thornei* infestando *Vicia faba* cv. ILB 1814 fue estudiado por Sauerborn y Saxena (1990), en microparcels; en suelo cubierto por polietileno alcanzó una temperatura máxima de 55°C en 1985 y 48°C en 1986 a 5 cm de profundidad, mientras que el suelo no cubierto registró únicamente una temperatura máxima de 40°C en ambos años. La densidad de población de nemátodos fue reducidas de 83 a 100% por 40 días del suelo solarizado, dependiendo de los géneros y año; sin embargo, *P. thornei* reestableció la densidad de su población en un año.

### **Efectos de la solarización de suelos en el control de nemátodos del quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*:**

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

### **Uso de Extractos Vegetales Para el Control de Fitopatógenos**

Recientemente, Montes-Belmont *et al.* (2000), realizaron un análisis retrospectivo de las investigaciones realizadas sobre el uso de extractos vegetales con propiedades antifúngicas. El primer autor presentó una síntesis de las experiencias de 12 años de resultados sobre plantas con propiedades antifúngicas. A la fecha, se han probado cerca de 206 especies de plantas contra la actividad de 26 especies de hongos fitopatógenos, incluyendo pruebas de germinación de esporas, desarrollo micelial, esporulación y pruebas de invernadero y campo en algunos casos. La formulación de productos vegetales utilizados han sido; extractos acuosos y hexánicos, polvos, aceites esenciales y metabolitos secundarios antifúngicos. Los resultados muestran que entre 32% y 51% de las plantas probadas interactúan con los hongos y la respuesta de los patógenos varía desde la estimulación biológica hasta su total inhibición.

### **Características de la gobernadora .**

La gobernadora (*. tridentata.*) 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 km<sup>2</sup>) 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 han reportado 66 usos en la fitoterapéutica, tales como infecciones genito-urinarias y del tracto respiratorio, eliminación de cálculos renales, inflamaciones musculares, daños de la piel, para la eliminación de espasmo intestinal, espasmo menstrual, desorden uterino, anticancerígeno, diurético (contra la diabetes), antimicótico y antimicrobial (Brinker, 1993).

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

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

Una de las plantas más prometedoras para el desarrollo de biopesticidas y para ser usada en biofumigación es la gobernadora, cuya resina constituye desde el 10 hasta más del 30 % del peso seco del follaje (Sakakibara *et al.*, 1975; Lira, 2001). El principal componente de la resina es el ácido Nordihidroguaiarético (NDGA), el cual ha mostrado tener diversas propiedades biocidas.

### **Efectos funguicidas y bactericidas de la resina de gobernadora.**

Los primeros trabajos sobre el efecto fungicida o fungistático de la resina de gobernadora fueron hechos por Fernández *et al.* (1979), los cuales reportaron que tanto *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp y *Rhizopus nigricans* fueron totalmente controlados a 500 ppm, tanto con el extracto metanólico como clorofórmico; no así para *Fusarium oxysporum* que solamente se logró un 76% y 93% para cada extracto, respectivamente a 1,000 ppm.

Algunos de los hongos y algas fitopatógenas que han sido controladas en estudios *in vitro* por la resina de gobernadora son; *Fusarium oxysporum* (Guzmán, 2002), *R. solani* (Lira, 2001), *Pythium* sp.(Balvantín, 2002), *Alternaria solani* (Sánchez, 2002), *Phytophthora capsici* (García *et al.*, 1997); *Phymatotrichum omivorum* (Rodríguez, 1980); *Eutypa armeniacae* (*An: Cytosporina* sp.) (Velásquez, 1981); *R. nigricans* (Brinker, 1993); *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* (Vargas *et al.*, 1997). En la literatura se menciona que algunas de las bacterias que han sido controladas bajo condiciones *in vitro* por la resina de gobernadora son; *Pseudomonas solanacearum* y *Erwinia atroseptica* (Velásquez, 1986).

### **Efecto nematocida de la resina de gobernadora.**

El efecto de la resina de gobernadora como nematocida solo ha sido reportado por Huerta (1986), el cual consignó las siguientes conclusiones; en pruebas *in vitro*, la resina de gobernadora mostró una inactivación de los nemátodos a los 27 min.. En las pruebas de

campo se encontró que la resina de gobernadora presenta una tendencia para actuar como nematocida, a la dosis de 100 ppm, sobre todo en los géneros *Tylenchus*, *Ditylenchus* y *Rhabditis*, concluyendo que con *Pratylenchus*, *Aphelenchus*, *Helicotylenchus* y *Xiphinema* no hubo una consistencia en los datos, debido el bajo número de nemátodos encontrados en las muestras. Para los primeros tres géneros, se encontró que a las dosis de 1,000 y 2,000 ppm el número de nemátodos se elevaba, este autor deduce que este efecto se debe a que la resina se encuentra demasiada concentrada a estas dosis y por lo que se forman conglomerados que no logran pasar a través de los poros del suelo, por lo tanto, no se difunde y no tiene contacto con los nemátodos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y Características del Sitio Experimental

#### Localización.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera- verano del 2,001 en el Campo Agrícola Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noreste de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas de 25° 27' de Latitud Norte y 101°02' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,619 msnm.

### **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; los meses más lluviosos son 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/cm<sup>3</sup>.

### **Agua.**

El agua para riego es de clase C<sub>3</sub> S<sub>1</sub>, 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 para provocar un efecto de biofumigación en las poblaciones de nemátodos fitoparásitos.

Se estableció una parcela experimental de 1248 m<sup>2</sup> arregladas en dos bloques grandes (factor A: solarización), en cada bloque se distribuyeron al azar los tratamientos de extracto de resina de *Larrea* con sus cuatro repeticiones (factor B). Cada unidad experimental contó con 3 camas con doble hilera de plantas de 4 m de largo cada una.

### **Diseño Experimental.**

Se empleó un experimento bifactorial en bloques al azar con 4 repeticiones, donde el factor A fue solarización, con cuatro niveles: 50, 80, 110 días de solarización y el testigo, no solarizado; y el factor B, dosis de resina de gobernadora, la cuales fueron: 0, 5, 10, y 20 kg/ha, dando un total de 64 unidades experimentales

### **Variables evaluadas.**

Se evaluaron los siguientes parámetros:

- Temperatura del suelo.
- Diversidad de nemátodos.
- Densidad poblacional de nemátodos.

### **Análisis estadístico.**

El diseño experimental usado fué, analizados en el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con una comparación de medias de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con un nivel de significancia del 5% (0.05).

### **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 superior de los arbustos .

### **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 hasta llevar al follaje a peso seco.

### **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 cm<sup>2</sup>, 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 con 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, dejando reposar el material vegetativo dentro del solvente durante 24 h; posteriormente se separó el follaje del solvente en el cual se encontraba disuelta la resina. La separación del material vegetativo del solvente se hizo con una bomba de vacío, esto nos permitió dejar únicamente el licor con el solvente que 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, posteriormente 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 2,000, para favorecer la eliminación de plagas del suelo. Se inició en la primera quincena de enero del 2,001 la formación de las camas de siembra, la cuales

fueron de 75 cm de ancho y de 64 m de largo. Las camas se formaron manualmente, con ayuda de, azadón, separando entre sí con estacas y rafia, procurando que no quedaran terrones grandes para así favorecer el contacto con el acolchado plástico con el suelo.

### **Incorporación de la resina de gobernadora.**

La resina hidrosoluble fue aplicada en polvo manualmente en una franja al centro de la cama, justo debajo donde se colocaría la cintilla de riego por goteo, esto se hizo para permitir que al contacto con el agua de riego se difundiera la resina sobre el perfil del suelo, al igual que 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 Ventury marca MAZZEI , MOD. 584, de una pulgada de diámetro. Posteriormente el 23 de marzo del 2001 se colocó manualmente el plástico transparente tratado contra la radiación UV, teniendo el plástico un calibre 125 y adquirido de la Compañía Qualyplast. Se procuró que el plástico quedara bien estirado para tener un mejor contacto con el suelo. Posteriormente a la colocación del plástico se regó durante tres días seguidos por aproximadamente 7 h para llevar al suelo a capacidad de campo, al mismo tiempo se instalaron termopares tipo K de la marca 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 modelo 52II, durante las siguientes horas del día; 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 y 17:00, esto se realizó a partir del quinto día después de haber colocado el plástico y durante los siguientes 54 días, hasta el 20 de mayo del 2,001.

### **Muestras de Suelo para Cuantificación de Nemátodos.**

Se realizaron cuatro muestreos para monitorear las densidades de nemátodos antes y después del proceso de solarización y al primero y sexto corte de chile, el primero fue un muestreo cruzado desde cada uno de los vértices del lote experimental, de donde se sacaron ocho muestras del centro de cada unidad experimental del perfil de suelo 0-15 cm con una barrena metálica, procurando que estas fueran representativas de toda la parcela experimental, para lo cual se muestreó en los extremos y en el centro del terreno. En el segundo y tercer muestreo, se tomaron muestras de cada una de las unidades experimentales, siguiendo el mismo procedimiento, en el cuarto muestreo se tomó una muestra por cada tratamiento, esto fue para monitorear el comportamiento de la densidad de nematodos después de la solarización y durante el desarrollo fenológico del cultivo. Cada muestra fue puesta en bolsas de plástico debidamente identificadas y se mantuvieron en refrigeración a 4°C antes de ser procesadas en el laboratorio.

### **Procesado de Muestras de Suelo**

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Nematología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La cantidad de nemátodos que se contabilizó expresado por 100 g de suelo, fue a través de la técnica del Embudo de Baermann.

### **Extracción de nemátodos filiformes.**

Cada muestra se analizó por separado mediante el método recomendado para la extracción de nemátodos filiformes. Con base a Thorne (1961), mencionado por Baca (1997), los pasos del procedimiento de extracción son los siguientes:

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

### **Técnica de montajes semipermanentes para nemátodos filiformes.**

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

1.- Colocar la muestra de nemátodos después de haberse procesado por el método del embudo de Baermann en una caja petri, y se observa bajo el microscopio estereoscópico.

2.- Depositar una gota de lactofenol, sobre un portaobjetos y tener éste a la mano.

3.- Observar en el microscopio y situar en la punta de un palillo de bambú en el óptico; elegir el nemátodo y colocar la punta de el palillo debajo, levantando suavemente y conservando siempre enfocado el palillo y el nemátodo, esto hace necesario graduar el tornillo de enfoque del microscopio con una mano mientras se manipula el palillo con la otra; cuando el nemátodo llega a estar por debajo de la superficie del agua, se saca y se lleva a la gota del líquido de montaje sobre el portaobjeto.

4.- Se repite la operación hasta que se haya depositado en el líquido de montaje cierta cantidad de nemátodos.

5.- Examinar el portaobjeto bajo el microscopio para asegurar el contenido de nemátodos en el fondo del líquido.

6.- Depositar una pequeña gota de formol para matar y conservar a los nemátodos; o una pequeña gota de rojo colorante para observar algunas de las características morfológicas del nemátodo.

7.- Sujetando un cubreobjeto con pinzas, colocarlo con todo cuidado sobre la gota, la cual debe ser lo suficientemente grande para que el cubreobjeto descansa sin que sobresalga el líquido, si sobra líquido se debe absorber con papel secante y se verifica en el microscopio estereoscópico que los nemátodos no sean arrastrados fuera del cubreobjetos.

8.- Sellar el portaobjetos aplicando esmalte o laca comercial de uñas con un pincel alrededor del cubreobjetos.

9.- Etiquetar los portaobjetos con los siguientes datos: lugar de origen de la muestra, número de muestra, número de predio, cultivo y fecha.

10.- Finalmente se identifican el género de los nemátodos obtenidos.

### **Identificación taxonómica de nemátodos.**

La identificación taxonómica a nivel género de los nemátodos en cada unas de las muestras respectivamente se realizó de acuerdo a los caracteres que para este fin establecen Mai y Lyon (1975), y por Christie (1982) y Cepeda (1996) mencionados por Baca, (1997), esto caracteres son: forma, tamaño y apariencia del estilete, nódulos, región cefálica, ovario, vulva, cola, anillos en cutícula, cabeza, istmo, bulbo basal, bulbo medio y forma de reposo , principalmente.

### **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 desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3% y como sustrato, humus humedecido marca PRO-MIX.

El material vegetativo utilizado fue semilla de chile Anaheim TMR-23 de la compañía 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 promedio de 19 cm de largo x 5 cm de ancho.

Para acelerar la germinación de las semillas se apilaron las charolas dentro del invernadero y se cubrieron con un plástico negro, esto se hizo con la finalidad de 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 aplicaron durante 5 min tres veces al día. Posteriormente se pasaron a un sistema hidropónico donde se dejaban que las charolas flotaran por 30 min, cada tercer día. La aplicación de fertilizantes se realizó a través del sistema de riego con nebulizadores aplicando la fórmula N-P-K-Ca a la dosis de 0.036-0.087-0.02-0.017 kg/ha; esta fue la dosis diaria para 2,500 charolas de 200 cavidades ó 2,000 L de agua. Durante el desarrollo de las plántulas se hicieron aplicaciones de fungicidas sistémicos rotándolos cada semana, para prevenir el desarrollo de resistencia a las enfermedades.

### **Prácticas Agronómicas de Manejo del Cultivo de Chile**

#### **Acolchado con polietileno coextruido plata/negro.**

Después del tratamiento de solarización se retiró el plástico transparente y se acolchó manualmente con plástico de polietileno coextruido plata/negro. Posteriormente se perforó el plástico con un tubo caliente de 2 pulgadas de diámetro cada 30 cm a doble hilera para permitir así el espacio donde se colocarían las plantas al momento del trasplante.

### **Trasplante.**

El trasplante se realizó el día 30 de mayo, cuando las plántulas tenía en promedio 20 cm de altura; se realizó un acomodo a doble hilera sobre la cama de siembra, dejando una distancia entre plantas y entre hileras de 30 cm, esto nos permitió tener una densidad de 44,500 plantas/ha. Se aplicó un riego pesado un día antes del trasplante y durante los siguientes tres días para asegurarnos que no sufrieran las plantas por una marchitez hídrica

### **Riego y fertilización.**

La fertirrigación se aplicó a través de un inyector Ventury y utilizando un sistema de riego por cintilla, cada tercer día, durante todo el ciclo de cultivo, por ocho h diarias a una presión en la entrada de la parcela de 10 PSI. La fórmula de fertilización fue 250-125-200-250 de N-P-K-Ca/ha, con las fuentes: Nitrato de Potasio y Multi-NPK de Haifa, ácido fosfórico al 65% y Nitrato de Calcio. Se hicieron aplicaciones de micronutrientes cada 15 días durante la fructificación a base de Magnesio, Hierro y Zinc, habiendo sido las fuentes los fertilizantes comerciales “Magnifer” y “Poliquel”.

### **Control de plagas y enfermedades.**

Se realizó un monitoreo constante para la detección de insectos y ácaros, así también del inicio de los primeros síntomas de las enfermedades del chile. Para el control de plagas se tomaron como umbrales de decisión para el minador de la hoja *Liriomyza trifolii* cuando la planta presentara tres hojas minadas y se presentara en más del 50% de ellas, y para la cenicilla polvorienta del chile *Leveillula taurica* (*Oidiopsis taurica*) cuando se presentara una mancha amarilla irregular por hoja en aproximadamente 10% del follaje de cada planta, aun 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 (ver cuadro 3 de apéndice).

### **Cosecha.**

Se hicieron seis cortes, el primer corte (la 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 15 a 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, aproximadamente cada 12-14 días.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **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), solo aumenta ligeramente después del medio día 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 h. 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, en la Figura 1 se puede observar que ésta se registró el día 18 de mayo con rangos de 55.8°C y 34.3°C en los estratos de 1.3 y 10 cm de profundidad respectivamente y de 36°C para la temperatura ambiente esto a las 13:00 h, 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.

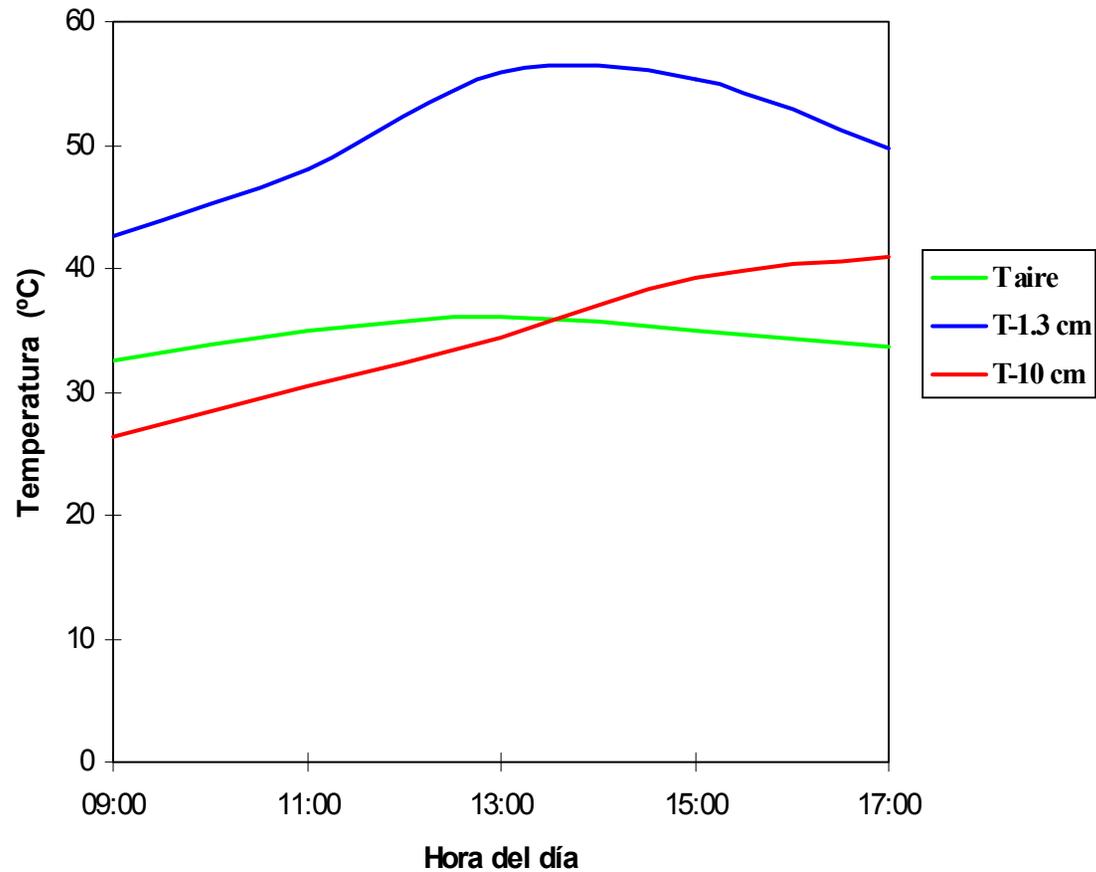
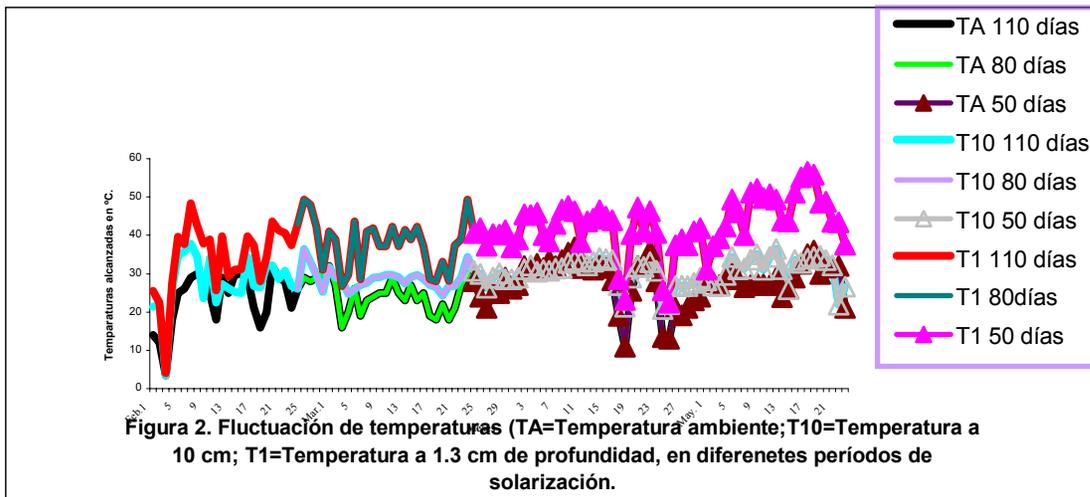


Figura. 1. Temperaturas del aire y suelo en el día más caliente (Mayo 18) durante el período de solarización (TA= Temp. Aire; T-1=1.3 y T-10=10 cm de profundidad).

Durante el período de solarización iniciado a partir del 1 de febrero hasta el 23 de mayo, se detectó una fluctuación en las temperaturas máximas, registrándose que los días más calientes se presentaron en el tercio final (Figura. 2), donde se puede observar

que el diferencial térmico entre la temperatura del aire y la del suelo solarizado al final del período (del 10 al 20 de mayo) es mayor, esto posiblemente sea debido a que la radiación total aumentó durante este mes.



## **Diversidad de Nemátodos Encontrados en el Lote Experimental.**

Con la finalidad de conocer la composición y densidad de nemátodos presentes en el lote experimental se realizó un primer muestreo antes de iniciar los tratamientos de solarización, después de analizarse las muestras de suelo en el laboratorio se identificaron seis géneros, de los cuales *Rhabditis* se presentó con mayor frecuencia seguido de los géneros, *Dorylaimus*, *Hoplolaimus*; con respecto a los géneros *Cephalobus*, *Aphelenchoides* y *Ditylenchus*, siempre se encontraron en menor cantidad y frecuencia. Estos géneros se encontraron constantemente en todos los posteriores muestreos realizados.

El género *Rhabditis* es considerado como nemátodo de importancia no parasítica (Cepeda 1996), tiene importancia agrícola benéfica porque degrada la materia orgánica, es de vida libre y depredador, y su acción es sobre los fitopatógenos como los hongos y bacterias; por su parte Thorne (1961), menciona que este género es considerado como nemátodo saprófago y cosmopolita de vida libre.

En cuanto al género *Dorylaimus*, se encuentra generalmente en suelos húmedos y su distribución es cosmopolita, es omnívoro ya que degrada alimentos de origen vegetal y animal; algunas especies de este género son depredadores como *D. serpentinus* y *D. carteri* (Cepeda 1996).

En cuanto al género *Hoplolaimus* Baca (1997), destaca que este nemátodo puede debilitar las plantas en el rendimiento, por lo que esto son de gran importancia fitopatológica en los cultivos por los daños mecánicos que ocasiona, ya que propicia además, un medio adecuado para la penetración de parásitos como son los hongos, bacterias y virus.

Por otro lado, al hacer una revisión sobre los antecedentes del terreno en el cual se realizó este trabajo de investigación nos percatamos que desde el punto de vista agrícola, el suelo del campo experimental del CIQA, es un terreno muy poco afectado con nemátodos, debido a que no tiene muchos años de haberse iniciado como suelo agrícola cultivado.

### **Densidad Poblacional Inicial de Nemátodos .**

Al inicio del experimento se realizó un muestreo en forma exploratoria para estimar la densidad total de nemátodos existentes en el suelo. Esta información nos permitió tener un marco de referencia sobre la población inicial en el experimento; para este fin, se analizaron ocho submuestras de las que se obtuvo un promedio general de 245 nemátodos/100g de suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Densidad de nemátodos antes de iniciar los tratamientos de solarización.

No. Unidad experimental.	Cantidad de nemátodos.
1	251
6	287
14	215
23	147
39	378
42	220
51	404
64	56
Media de nemátodos = 245	

## **Efecto de la Solarización y Dosis de Resina de Gobernadora en las Poblaciones de Nemátodos.**

### **Densidad poblacional al segundo muestreo.**

La densidad poblacional de nemátodos detectada durante el segundo muestreo se llevó a cabo el 9 de junio del 2,001 al finalizar los tratamientos de solarización y de acuerdo con el análisis estadístico la información sobre la comparación de medias indica que se tuvo una diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos solarizados en comparación con el testigo como se puede observar en la Cuadro 2.

En cuanto a los períodos de solarización en el mismo Cuadro 2 podemos observar que se presentó clara diferencia en la densidad poblacional de nemátodos entre los tratamientos de solarización, ya que en el tratamiento con 110 días de solarización se obtuvo un valor promedio de cuatro nemátodos/100 g de suelo, con una diferencia de seis nemátodos (60% menos) respecto al tratamiento testigo que reportó diez nematodos; en cuanto al tratamiento con 80 días de solarización se obtuvo una media de dos nemátodos con una diferencia de ocho nemátodos (80% menos) respecto al testigo, en el tratamiento sujeto a 50 días de solarización se detectó solo un ejemplar por muestra con una diferencia de nueve nemátodos (90% menos) respecto al tratamiento testigo. Esta información también se puede apreciar gráficamente en la figura 3. La eficacia de la solarización durante 50 días para reducir significativamente la población de otros nemátodos como *D. dipsaci* también ha sido demostrada por Cartia *et al*, (1999).

Por lo que se refiere al análisis estadístico de las dosis de extracto de gobernadora en este muestreo los datos obtenidos no reportaron diferencias estadísticamente significativas en la densidad poblacional de nemátodos como se puede observar en las medias correspondiente a este factor que se presentan en el cuadro 2, ya que los resultados obtenidos con la dosis de resina de gobernadora mas alta aplicada (20 kg/ha) fueron estadísticamente iguales a lo del testigo, habiendo reportado ambos tratamientos un valor

promedio de 4 nemátodos/100g de muestra de suelo. Resultados similares en relación con las dosis de resina de *L. tridentata* se obtuvieron por Huerta (1986), quién reporto que el número de individuos tiende a incrementarse con las dosis de resina; señalando que esto quizá se debió a que concentraciones de 1,000 y 2,000 ppm se pierde el efecto que pudiera tener sobre los nemátodos debido a que la resina forma partículas de mayor tamaño (conglomerados) que no logran moverse a través de los poros del suelo y por lo tanto, no se difunde y no tiene contacto con los nematodos. Sin embargo, es de recordar que la resina empleada es soluble al agua y no genera este tipo de problema. Por lo que es más factible que los extractos de gobernadora no presenten acción nematicida.

Cuadro 2.- Medias de nemátodos/100 g de suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora durante el segundo muestreo después de iniciados los tratamientos.

Periodos de solarización (Días)	Primer muestreo (Conteo inicial)	DOSIS (Kg/ha)				Medias de nemátodos/ período de solarización
		0	5	10	20	
Testigo	245	10.75	11.00	7.75	10.25	<b>9.94A</b>
50	245	1.25	0.00	1.25	1.00	<b>0.88BC</b>
80	245	2.50	2.25	2.00	1.75	<b>2.13BC</b>
110	245	3.25	5.25	3.00	4.25	<b>3.94B</b>
Media de nemátodos por Kg/ha de resina	245	4.44	4.63	3.50	4.31	
<b>DMS<sub>0.05</sub>=</b>		NS	NS	NS	NS	<b>2.1124 **</b>

**C.V.=70.22%.**

En cuanto a la interacción solarización y dosis de resina, los resultados obtenidos indican que no se tuvo un efecto contundente en las poblaciones de nemátodos en el segundo muestreo; por lo que no se produjo el efecto de sinergismo deseado entre los dos factores estudiados.

### **Densidad Poblacional Durante el Tercer Muestreo.**

Para el tercer muestreo realizado el 20 de Agosto del 2001 (al primer corte de Chile) y de acuerdo al análisis estadístico, los resultados generados por el efecto del factor A (solarización), si se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) respecto al testigo, pero no se encontraron diferencias entre los tratamientos de extracto de gobernadora (Cuadro 3); en este Cuadro se puede apreciar que entre períodos de solarización si existen diferencias altamente significativas, ya que el tratamiento testigo (no solarizado) reportó 210.8 nemátodos/100 g de suelo, mientras que con 50, 80 y 110 días de solarización se detectaron 25.6, 14.4 y 19.7 individuos respectivamente. Comparativamente esto equivale a que el tratamiento testigo contenía poblaciones superiores de nemátodos en el orden de 781, 1241 y 1055% más, que los tratamientos solarizados durante 50, 80 y 110 días respectivamente. Una reducción en la cantidad de nemátodos de diversas especies por efecto de la solarización también ha sido reportado por Stapleton et al (1999), quienes lograron reducir con solarización las poblaciones de *Tylenchulus semipenetrans* y *Pratylenchus vulnus* desde un 89 al 100% en raíces de árboles de olivo. Más recientemente el trabajo reportado por Yáñez-Juárez et al (2001), también consigna la reducción por efecto de la solarización del nemátodo *Nacobbus aberrans* que causa agallamiento en las raíces de plantas de Chile.

En referencia a los efectos del extracto de gobernadora, los datos que resultaron del análisis estadístico no muestran diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con las dosis bajas, ya que con 5 y 10 kg/ha las medias del número de ejemplares encontrados por cada muestra (73 y 70 nemátodos respectivamente) fueron superiores en comparación al testigo en el que se encontraron 67 ejemplares/100 g de suelo; algo similar se detectó con la dosis más alta evaluada (20 kg/ha), ya que las unidades experimentales que recibieron este tratamiento reportaron un valor promedio de solo 7 nemátodos menos que el testigo, esta diferencia no fue significativa. Por lo que respecta a la interacción dosis de extracto por solarización durante el tercer muestreo, el análisis estadístico tampoco mostró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 3 y Fig. 4).

Cuadro 3.- Medias de nemátodos del suelo/100g de suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora durante el tercer muestreo (primer corte de chile).

Periodos de solarización (Días)	Primer muestreo (conteo inicial)	Dosis de resina (Kg/ha)				Medias de nemátodos/ período de solarización
		0	5	10	20	
Testigo	245	202.75	220.25	236.50	183.75	<b>210.81A</b>
50	245	34.75	32.00	15.75	20.00	<b>25.63B</b>
80	245	7.00	20.50	10.00	20.25	<b>14.44B</b>
110	245	25.25	20.50	17.50	15.75	<b>19.75B</b>
Media de nemátodos por Kg/ha de resina	245	<b>67.44</b>	<b>73.31</b>	<b>69.94</b>	<b>59.94</b>	
DMS <sub>0.05</sub> =52.19		NS	NS	NS	NS	

C.V.=108.18%

#### **Densidad poblacional en el cuarto muestreo.**

El último muestreo de nemátodos se realizó el día 26 de octubre y concordó con el sexto corte de chile. La cantidad de nemátodos obtenidos no se sometieron al análisis estadístico por perderse algunas muestras de las parcelas; sin embargo, analizando los diferentes períodos de solarización podemos observar que hay una aparente tendencia a incrementar el número promedio de nemátodos en el suelo conforme se incrementa el número de días de solarización (Cuadro 4), si embargo, dado que no existe concordancia de mantener alto número de nematodos en los anteriores muestreos, más probable que este efecto pueda ser debido a efecto aleatorio del muestreo, el testigo reportó 180 nemátodos/100 g de suelo, mientras que en los tratamientos con resina de gobernadora se encontraron poblaciones que varían; pero se debe recordar que una muestra del testigo se perdió y esto que al menos en la dosis con 10 Kg/ha de resina muestre un efecto de acción de individuos. En cuanto a la interacción solarización y dosis de resina, los resultados obtenidos indican que no se tuvo un efecto contundente en el abatimiento de las

poblaciones de nemátodos en el cuarto muestreo; por lo que no se produjo el efecto de sinergismo o biofumigación deseado.

Cuadro 4. Medias de nemátodos/100 g de suelo en función de los factores solarización y dosis de resina de gobernadora durante el cuarto muestreo (sexto corte de Chile).

Períodos de solarización (Días)	Primer muestreo (Conteo inicial)	DOSIS (Kg/ha)				Medias de nemátodos / período de solarización n
		0	5	10	20	
Testigo	245	374	231	*	456	354
50	245	60	30	28	*	39
80	245	156	44	56	26	71
110	245	129	*	25	80	78
Media de nemátodos por Kg/ha de resina	245	180	102	36	187	

\* Datos perdidos.

**Fluctuación Poblacional de Nemátodos Después de Aplicados los Tratamientos y Durante el Desarrollo del Cultivo de Chile.**

El efecto que tiene la solarización del suelo en la densidad poblacional de nemátodos después de solarizar y durante el desarrollo del cultivo de Chile se puede presentar en la figura. 3, en la que se puede apreciar que las poblaciones iniciales de nemátodos (245 individuos/100 g de suelo) fueron reducidas hasta sólo un nemátodo para el período de 50 días de solarización al finalizar los tratamientos, esto representa una eliminación de prácticamente el 100%. Durante este mismo muestreo se observó una baja densidad de nemátodos en el testigo, esto posiblemente se haya debido a un factor externo ambiental asociado a las bajas temperaturas registradas en las noches relativamente frías de primavera. En el cuadro 5 se presentan las temperaturas mínimas promedio para cada mes durante el tiempo de solarización y durante el ciclo fenológico del cultivo, este cuadro

indica que durante febrero y marzo la temperatura mínima promedio fue de 8.5°C, además, durante los períodos de solarización evaluados hubo una fluctuación de esta temperatura desde -1°C registrada el 3 de febrero hasta 19°C presentada el 20 de mayo.

Cuadro. 5. Temperatura mínima promedio (°C) durante los meses con tratamientos de solarización y desarrollo del cultivo de chile.

Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
8.3	8.8	14.5	14	15.8	17	16.5

Probablemente debido a las temperaturas bajas registradas durante estos meses los nemátodos migraron a capas más profundas del estrato de suelo muestreado (0-15 cm), esto se puede deducir al observar como se comportan las poblaciones de nemátodos en los muestreos posteriores, ya que en el testigo la población se incrementa exponencialmente (211 y 354 nemátodos/100g de suelo, al primer y sexto corte de chile) que es el tiempo cuando se provee de humedad a capacidad de campo y se establece la plántula en el lote experimental, proveyendo así de alimento, refugio y condiciones de buena humedad, que hayan hecho que migraran los nemátodos hacia la rizósfera.

Este incremento de la densidad de nemátodos en el testigo nos indica que en el suelo solarizado sí ocurrió una reducción en la densidad de nemátodos, lo que no como ocurrió en el suelo sin solarizar, lo anterior debido quizá a las altas temperaturas alcanzadas durante este proceso, ya que el incremento de nemátodos en los siguientes dos muestreos en las parcelas solarizadas no es tan marcado debido a que reportaron en promedio 20 y 63 nemátodos en el primer y sexto corte de chile.

En la figura. 3 también se puede observar que aunque no es mucho la diferencia en el número de individuos observados, el período de solarización que fué más eficaz para reducir la densidad de nemátodos en el suelo fue el de 50 días, del 23 de marzo al 20 de mayo

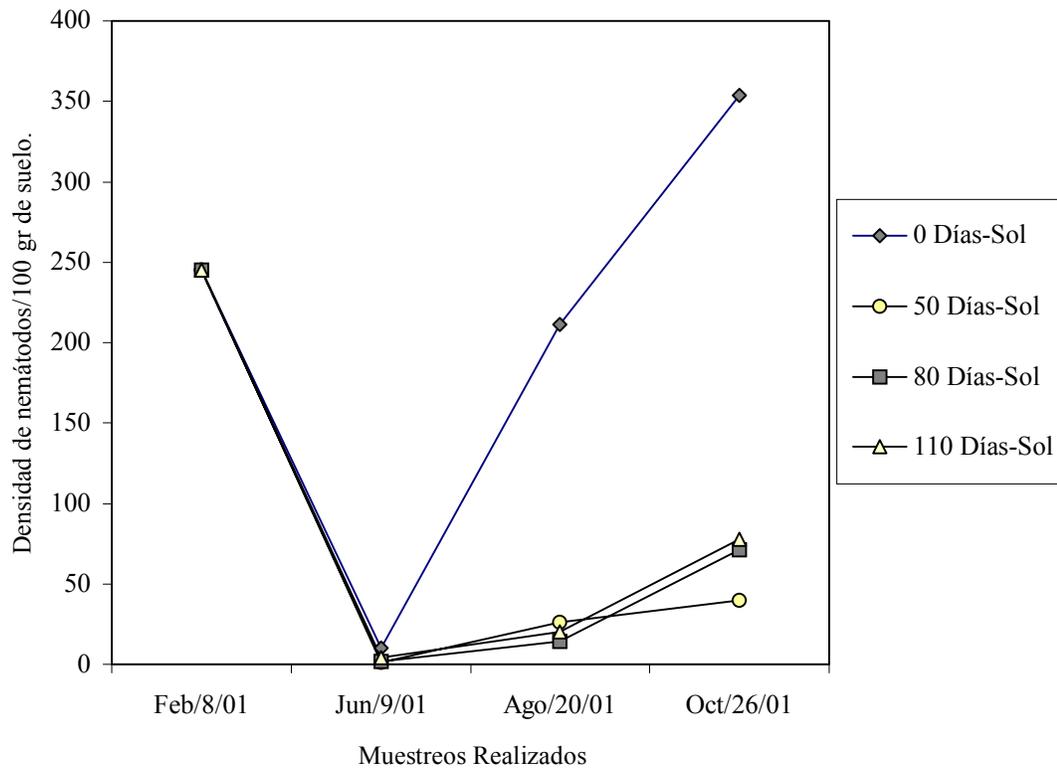


Figura 3. Población de nemátodos en el suelo bajo diferentes períodos de solarización.

Este efecto se puede explicar considerando que los períodos de solarización de 80 y 110 días provocaron en los primeros meses un incremento en la temperatura del suelo, lo que favoreció su multiplicación, esto se puede apreciar en la figura 2, donde se reportan las temperaturas registradas durante este período en el suelo solarizado, las cuales alcanzaron los 27 y 28.4°C como promedio para febrero y marzo respectivamente a 10 cm de profundidad del suelo solarizado; al mismo tiempo, la temperatura mínima del aire para estos mismos meses fue de 8.3 y 8.8°C como promedio. Posteriormente estos incrementos fueron reducidos por las temperaturas alcanzadas al final de los períodos de solarización, pero partiendo de niveles poblacionales diferentes con respecto al suelo donde se solarizó por 50 días a partir del 23 de marzo y hasta el 20 de mayo.

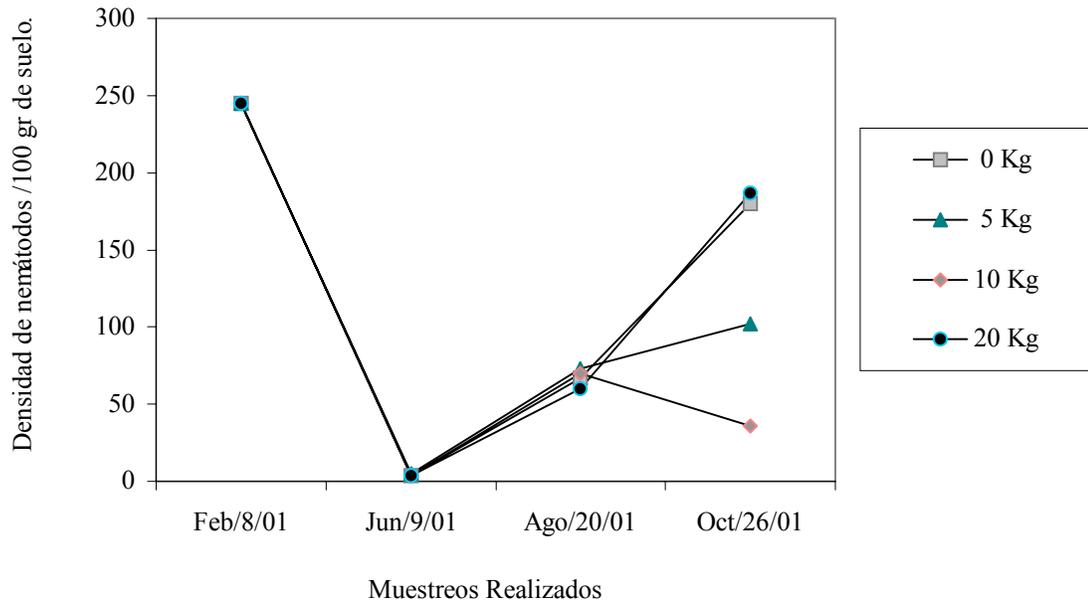


Figura 4. Densidad de nemátodos bajo diferentes dosis de resina de gobernadora.

Para el factor resina de gobernadora, en la figura 4 se observa una alta consistencia en los primeros muestreos para indicar que carece de efectividad contra nemátodos, y que aunque en el último muestreo a la dosis de 10 Kg/ha pareciera indicar algún efecto contra la población, esto más bien puede ser resultante de la pérdida de datos como ya se comentó en el cuadro 4.

## CONCLUSIONES.

De acuerdo con los objetivos planteados, materiales y métodos propuestos, así como las condiciones en las que se realizó la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- El efecto de la solarización incrementó la temperatura del suelo en el rango de 10 a 20°C. Las más altas temperaturas obtenidas en los diferentes periodos de solarización, se registraron a fines de mayo.
- El período de 50 días de solarización, comprendido del 23 de abril al 20 de mayo fue el más eficaz para reducir la densidad poblacional de nemátodos durante el cultivo del chile.
- Fechas tempranas de solarización (enero, febrero, marzo y abril) no causan un efecto letal en los nemátodos del suelo.
- Como resultado de la solarización al finalizar la cosecha de chile se observó una reducción del 907% en las poblaciones de nemátodos en el estrato 0-10 cm de profundidad en el suelo estudiado en comparación con el testigo no solarizado,.
- No se observó efecto nematicida del extracto etanólico hidrosoluble de resina de gobernadora, a las dosis evaluadas.

## LITERATURA CITADA.

- Alexander, R. T. 1990. Proceedings of the Forty-Third New Zealand Weed and Pest Control Conference. Pp. 270-273.
- Aviña, G. M. E. 1995. Fenología, Fenometría y Rendimiento en Calabacita con Acolchado Plástico, Cubiertas Flotantes y Ethrel. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 94 pp.
- Baca, M. J. (1997). Nemátodos asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Tapalpa Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 97 pp.
- Balvanti, G. G. F. 2002. Extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* y su efecto inhibitorio en el crecimiento *in vitro* del hongo *Pythium* sp. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. 51 pp.
- Barbercheck, M.E and Von Broembson, S.L. 1986. Effects of soil solarization on plant-parasitic and *Phytophthora cinnamomi* in South Africa. Plant. Dis. 70:945-950.
- Bettiol, W, Ghini, R, Cunha, M.I.B.da, Tratch, R, Galvao, J.A.H; da.Cunha, M.I.B . 1996. Soil solarization for controlling the root-knot nematode in okra crop. Horticultura Brasileira. 14( 2): 158-160.
- Barbour, M. G. G, Cunningham, W. C. Oechel, and S. A Bomberg. 1997. Growth and development, form and function In Heingiker, J. H. and D.R Difeo, (Eds.) Creosote bush: biology and chemistry of *Larrea* in New World Deserts. Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania. Pp. 48-91.
- Brinker, F. 1993. *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or creosote bush). British Journal of Phytotherapy. 3(1): 10-31.
- Campos, L. E, T. J. Mabry. and 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.
- Caprio E, B, Parisi, F. P. D'-Errico, (1995); The efficacy of solarization in controlling *Meloidogyne* spp. Informatore-Agrario. 51 (48): 49-51.
- Cartia G, E. Schiliro, A. Colombo, E. Buonocore, G. Campo, S. Privitera (1999). Solarization and fenamiphos to contain damage caused by *Ditylenchus dipsaci* on carrot. Informatore-Agrario. 55(29): 71-74.
- Cepeda C, M. 1996. Nematología agrícola. UAAAN. Trillas 1era Ed. México.
- Cortéz, M. O.; Sánchez, M. R.; García, S. G.; Villaescusa, M. M. y Cinco, M. F. J. 1993. Plant powders as stored grain protectants against *Zabrotes subfasciatus*

- (Boheman). Southwestern Entomologist 8(1): 73-75.
- Crozzoli, R. 1990. Utilización de aldicarb y carbofuran para el control del nemátodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*). Fitopatol. Venez. 3:9-10.
- Elmore, L. L.; Stapleton, J. J.; DeVay, E. J. and Bell, C. E. 1997. Soil solarization, A nonpesticidal method for controlling diseases, nematodes, and weeds. University of California. Davis, USA. 13 pp.
- Chon, HanShik; Park, HaJin; Yeo, SuGab; Park, SoDeuk; Choi, Young,Eoun; Chon-HS; Park-HJ; Yeo,S.G; Park,S.D; Choi,Y.E. 1996. Technical development for control of soil nematodes (*Meloidogyne* spp.) on oriental melon in plastic film house. Journal of Agricultural. Science Crop Protection. 38(2) : 401-407.
- Fernández, S.; Hurtado, M. L. and Hernández, F. 1979. Fungicidal components of creosote bush resin. Advances in Pesticide Science. Part 2. Press Oxford, USA.
- Fiume, F. 1995. Effect of soil solarization on root-knot nematodes and yield and earliness of lettuce in glasshouse., Nematología Mediterranea. 23: 135-142 (Suppl).
- Fuente P; Aballay.E; Montealegre, J.R. 1997. Soil solarization and fumigation for the control of nematodes in a monocultivated soil with tomatoes. Fitopatología. 32(1): 32-42.
- Gamliel, A. y Stapleton, J. J. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. Phytopathology 83: 899-905.
- García, M. E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (adaptada a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta Edición. Limusa. México.
- Gocmen, H and Elekcioglu I.H. 1996. The effect of soil solarization on *Meloidogyne goeldi*, 1887 (Tylenchida, Meloidogynidae) species in greenhouse in Natalia, Turkiye-Entomoloji-Dergisi. 20 (1): 67-74.
- Gómez, L. R. F. 1994. Efecto de las películas plásticas fotoselectivas para acolchado de suelos en calabacita *Cucurbita pepo* L. cv Zucchini Gray. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 80 pp.
- Guzmán, G. L. 2002. Efecto fungicida de extractos etanólicos y clorofórmicos de resina de *Larrea tridentata* de los Desiertos Chihuahuense y Sonorense sobre *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 45 pp.

- Greco, N. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematologica*. 23:213-220.
- Herrera C.R; Aballay.E; Montealegre.A JR. 1999. Effect of lengthy solarization on the survival of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in a monoculture of tomato (*Lycopersicon esculentum*) *Fitopatología* 34 (2): 63-68.
- Huerta, de la P. A. 1986. Acción nematicida de la resina de gobernadora *Larrea tridentata* Coville en el guayule *Parthenium argentatum* Gray bajo cultivo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 94 pp.
- Ismail A.E; Ghali,M H; Nakhlla,F.G; Aboul, Eid.H Z . 1997. Effect of soil solarization by polyethylene sheets on growth of navel orange and control of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans*. *Pakistan Journal of Nematology* 15(1): 71-87.
- Jain,R. K; Gupta, D.C. 1997. Solarization as nursery bed treatment in the management of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infecting tomato. *Indian Journal of Nematology*. 27 ( 2): 261-263.
- Jiménez,M and Gallo, P. 1995. Solarization of agricultural soils as an alternative control measure of phytoparasitic nematodes of the genus *Meloidogyne* spp. *IDESIA*. 14: 5-16.
- Katan, J and J.EDeVay. 1991. Soil solarization. CRC Press. Boca Raton, USA.
- Lira, S. R. H., A. Gamboa, R. y C. Lvillarreal. 2001. Plasticidad genotípica de extractos metanólicos de *Larrea tridentata* y su efecto inhibitorio sobre *Fusarium oxysporum in vitro*. *Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología*. Querétaro, Qro. P 58.
- Martínez, T. A, y Santacruz de L. G. 1997. Contaminación agrícola. Tzapinco. 148: 13- 14.
- Malcolm, C. Shurtleff and Charles W. Averre III. 2000. Diagnosing plant diseases caused by nematodes, APS press. St. Paul, MN. 187 pp.
- Mai W.F and Lyon H.H 1975. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes 4 th ed. Comstock Publ. Cornell Univ. Press Ithaca, NY. 221 pp.
- Montes B. 2000. Propiedades Antifúngicas en Plantas Superiores. *Análisis Retrospectivo de Investigaciones*.18( 2): 125-131.
- Nasr Esfahani,M and A. R.Ahmadi. (1997). Studies on the effect of soil solarization, manure and their integration on root-knot and total nematode populations in cucumber fields. *Applied Entomology and Phytopathology* 65(1): 18-20.

- Narro, C. A. 1985. El Acolchado de suelos, metodología y riego en el cultivo del chícharo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 141 pp.
- Palumbo, AD; MorraL; M. Billoto; S.Picascia; V. Magnifico. 1997. Lettuce: a comparison of solarization and bromofumigation. *Colture Protette* 26(10): 81-87.
- Pullman, G. S.; DeVay, J. E. and Garber, R. H. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature the four soilborne pathogens. *Phytopathology* 71: 959-964.
- .Randig O; Medeiros.CAB; Sperandio.C.A. 1998. Effects of soil disinfestation by solar energy on nematodes. *Nematologia Brasileira*. 22( 1): 1-11.
- Sakakibara, M.and T. J. Mabry. 1975. A New 8-Hydroxyflavonol from *Larrea tridentata* *Phytochem.* 14(20): 97-98.
- Salazar, H. F. J.; E. R. García y B. B.Tlapal. 1990. Efecto de la incorporación de residuos secos de las plantas gobernadora (*Larrea tridentata* ) y epazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) en suelos infectados con *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*, en la germinación y crecimiento de plantas de frijol. *Rev. Mex. de Fitopatología* 9 (2):
- Sánchez, O. M. R. 2002. Acción antifúngica *in vitro* sobre *Alternaria solani* de cuatro extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* de los Desiertos Chihuahuense y Sonorense. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. 55 pp.
- Sauerborn, J and M. C. Saxena. (1990). Control of faba bean nematodes by soil solarization in Syria. *Arab Journal of Plant Protection*. 8 (1): 38-40.
- Siti, E. 1982. Control of *Ditylenchus dipsaci* by garlic by bulb and soil treatments. *Phytoparasitica*. 10:93-100.
- Unión Nacional de Productores de Hortalizas. 2001. Análisis de la producción de chiles y pimientos. Meister Publishing. México 7:24-26
- Velásquez, M. J. L. 1983. Evaluación del poder bactericida o bacteriostático de la fracción etanólica de la resina de gobernadora contra las bacterias fitopatógenas *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum*. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Vargas, A.I. B. S Araujo y T. M.A. Martinez. 1997. Efecto de extractos de plantas sobre el crecimiento y producción de aflatoxinas de *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 5(2): 90-95.

- Verástegui, M. A. C.A. Sánchez; N.L Heredia y A.J.S.García. 1996. Antimicrobial activity of extracts of three mayor plants from the Chihuahuan desert. *Journal of Ethnopharmacology* 52:175-177.
- Vicencio, H.G. (1996). Aspectos parasitológicos del cultivo del chile (*Capsicum* spp), Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 109 pp.
- Yáñez, G.M., Zavaleta-Mejía, E., Flores-Revilla, J., Chávez-Alfaro J. y Valdivia Alcalá, R. 2001. Management of wilting (*Phytophthora capsici* Leo.), root galling (*Nacobus aberrans* Thorne and Allen), and virosis in pepper (*Capsicum annum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 19(1): 40-48.
- Yucel, S.; Pala H.; Cali S.; Erkilic A.; and Albajes R. 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.

## APÉNDICE

**Cuadro A 6. Géneros y nombres comunes de nemátodos fitoparásitos  
(Malcolm *et al*, 2000).**

<b>Géneros</b>	<b>Nombres Comunes</b>
<i>Anguina</i>	Nemátodos formadores de agallas de la semilla.
<i>Aphelenchoides</i>	Nemátodos defoliar o de las hojas.
<i>Aphelenchus</i>	
<i>Belonolaimus</i>	Nemátodos punzadores.
<i>Bursaphelenchus</i>	Nemátodo de la madera del pino ( <i>B xylophilus</i> )
<i>Criconemella</i> ( <i>Mesocriconema</i> ) <i>Criconemoides</i>	Nemátodos anillados
<i>Ditylenchus</i>	Nemátodos de los bulbos y tallos
<i>Dolichodorus</i>	Nemátodo punza
<i>Globodera</i>	Nemátodo del quiste redondo.
<i>Helicotylenchus</i>	Nemátodo espiral.
<i>Hemicycliophora</i>	Nemátodo de la vaina.
<i>Heterodera</i>	Nemátodos del quiste en forma de limón.
<i>Hirschmanniella</i>	Nemátodos de la raíz del arroz
<i>Hoplolaimus</i>	Nemátodo lanza
<i>Longidorus</i>	Nemátodos agujas.
<i>Macrotrophurus</i>	
<i>Meloidodera</i>	Nemátodos enquistadores
<i>Meloidogyne</i>	Nemátodos formadores de nódulos de la raíz.
<i>Nacobbus</i>	Nemátodos falsos formadores de nódulos de la raíz.
<i>Paratrichodorus</i>	Nemátodos formadores de la raíz achatada.
<i>Paratylenchus</i>	Nemátodo alfiler.
<i>Pratylenchus</i>	Nemátodo lesionado de la raíz o lesionado.
<i>Radopholus</i>	Nemátodos barrenadores.
<i>Rhadinaphelenchus</i>	Nemátodo del anillo rojo del cocotero ( <i>R cocophilus</i> ).
<i>Rotylenchulus</i>	Nemátodos reniformes
<i>Rotylenchus</i>	Nemátodo espiral ( <i>R. buxophilus</i> ).
<i>Scutellonema</i>	Nemátodos espirales
<i>Sphaeronema</i>	
<i>Trichodorus</i>	Nemátodos formadores de la raíz achatada.
<i>Tylenchorhynchus</i>	Nemátodo atrofiador
<i>Tylenchulus</i>	Nemátodo de los cítricos ( <i>T. semipenetrans</i> .)
<i>Xiphinema</i>	Nemátodo daga

**Cuadro A 7. Pérdidas estimadas a nivel mundial del rendimiento anual en diversos cultivos a causa de los nematodos Sasser 1989, citado por ( Malculm *et al*, 2000).**

Nombre común	Nombre científico	Pérdidas (%)
Banana	<i>Musa spp</i>	19.7
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	6.3
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.5
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	8.4
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	13.7
Cítricos	<i>Citrus spp</i>	14.2
Cocotero	<i>Cocos nucifera</i>	17.1
Cafeto	<i>Coffea spp</i>	15.0
Maíz	<i>Zea mays</i>	10.2
Algodón	<i>Gossypium spp</i>	10.7
Frijol	<i>Vigna unguiculata</i>	15.1
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	16.9
Haba	<b>Vicia faba</b>	10.9
Forraje, legumbres	Varios géneros	8.2
Uva	<i>Vitis spp</i>	12.5
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	10.8
Melón	<i>Cucumis melo</i>	13.8
Mijo	<i>Eleusine</i>	11.8
	<i>Pennisetum</i>	
	<i>Setaria</i>	
Avena	<i>Avena sativa</i>	4.2
Okra	<i>Abelmoschus esculentus</i>	20.4
Ornamentales	Varios géneros.	11.1
Papaya	<i>Carica papaya</i>	15.1
Cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i>	12.0
Chile	<i>Capsicum annum</i>	12.2
Garbanzo rojo	<i>Cajanus cajan</i>	13.2
Piña	<i>Ananas comosus</i>	14.4
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	12.2
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	10.0
Centeno	<i>Secale cereale</i>	3.3
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	6.9
Soya	<i>Glycine max</i>	10.6
Remolacha azucarera	<i>Beta vulgaris</i>	10.9
Caña de azucar	<i>Saccharum officinarum</i>	15.3
Camote	<i>Ipomea batatas</i>	10.2
Té	<i>Camellia sinensis</i>	8.2
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	14.7
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	20.6
Trigo	<i>Triticum spp</i>	7.0
Canela	<i>Dioscorea batatas</i>	17.7

**Cuadro A 8. Registro de las aplicaciones de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de chile en el presente estudio.**

<b>Fecha</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Nombre técnico</b>	<b>Grupo toxicológico</b>	<b>Dosis g p c /ha)</b>	<b>Aplicado contra:</b>
12-Jun-2001	Trigard 75 PH	Cyromazina	Regulador del crecimiento de insectos.	100	Minador de la hoja: <i>Liriomyza trifolii</i> .
04-Jul-2001	Trigard 75 PH	Cyromazina	Regulador del crecimiento de insectos.	150.	Minador de la hoja: <i>Liriomyza trifolii</i>
20-Ago-01	Bayleton 25% PH	Triadimefon	Triazol	250	Cenicilla polvorienta: <i>Leveillula taurica</i>
29-Ago-01	Bayleton 25% PH Cupravit	Triadimefon Oxicloruro de Cobre.	Triazol Cúprico.	600 g. 4 kg p c /ha	Cenicilla polvorienta: <i>Leveillula taurica</i>

**Cuadro A 9. Análisis de varianza para el segundo muestro de nemátodos.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F.
REPETICIONES	3	173.562500	57.854168	6.5920	0.001
FACTOR A	3	773.562500	257.854156	29.3804	0.000
FACTOR B	3	11.812500	3.937500	0.4486	0.723
INTERACCION	9	33.062500	3.673611	0.4186	0.918
ERROR	45	394.937500	8.776389		
TOTAL	63	1386.937500			

C.V= 70.22%

Nivel de significancia al 0.05%

**Cuadro A-5. Análisis de varianza para el tercer muestro de nemátodos.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F.
REPETICIONES	3	58282.812500	19427.603516	3.6264	0.020
FACTOR A	3	438210.312500	146067.109375	27.2654	0.000
FACTOR B	3	1549.187500	516.395813	0.0964	0.961
INTERACCION	9	6437.937500	715.326416	0.1335	0.998
ERROR	45	241075.187500	5357.226563		
TOTAL	63	745546.437500			

C.V= 108.18%

Nivel de significancia al 0.05

