

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



**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* Para el Control de Hongos y Algas Fitopatógenas del Suelo y su Efecto en el Daño Radicular del Cultivo de Chile.**

**Por:**

***Jesús Cruz Blasí***

**TESIS**

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

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Febrero, 2002**

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

**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* Para el Control de Hongos y Algas Fitopatógenas del Suelo y su Efecto en el Daño Radicular del Cultivo de Chile.<sup>1</sup>**

**TESIS**

Presentada por:

**Jesús Cruz Blasí**

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

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo**

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo  
Presidente del Jurado Examinador (UAAAN)

Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar  
Centro de Investigación en Química Aplicada  
Asesor (CIQA)

Dr. Alberto Flores Olivas  
Asesor (UAAAN)

Dr. Abiel Sánchez Arizpe  
Asesor suplente (UAAAN)

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero, 2002

---

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

**Este trabajo de tesis  
esta dedicado  
con profundo  
amor y admiración  
a  
mi hermano**

**José Luis Galeana Blasí**

**Gracias por ser  
un ejemplo a seguir  
en el camino de la vida**

**Gracias por ser mi hermano**

**Espero en Dios te guarde  
por muchos años  
más.**

**A mi familia, que es el pilar de mi vida.**

**A mis padres, Rufino Cruz Álvarez y Yolanda Blasí Vega, por todo su cariño y apoyo que he recibido de ellos para llegar a terminar una meta más.**

**A mis hermanos: José Luis, Víctor, Silvia, María de los Ángeles y Rufino, por compartir la vida juntos.**

**A mi sobrino Luis Enrique, a quien amo tanto como a un hijo.**

**A la familia Hernández de la Rosa por haberme tratado como a un hijo.**

## AGRADECIMIENTOS

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

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar, por 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 muchos consejos recibidos de él.

Al Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo, por su valiosa contribución en la asesoría y revisión del trabajo y por su apoyo desinteresado al iniciar a aprender sobre las enfermedades de las plantas, principalmente las causadas por hongos fitopatógenos.

Al Dr. Alberto Flores Olivas, por su apoyo a la revisión de la tesis, pero sobre todo, por ser mi maestro en hongos fitopatógenos, de quién aprendí mucho dada su pasión por el tema y su gran vocación de enseñanza.

Al Dr. Abiel Sánchez Arizpe, por ser mi maestro en Manejo de enfermedades de quien aprendí mucho, y por su apoyo desinteresado en este trabajo.

Al M.C. Faustino Lara Victoriano del CISEF “Centro Internacional de Servicios Fitosanitarios”, por su gran apoyo en la identificación a especie de los hongos y algas fitopatógenas.

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

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

**A mis maestros:**

- Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo
- Dr. Alberto Flores Olivas
- Dr. Gustavo Frías Treviño
- Dr. Abiel Sánchez Arizpe
- Dr. Jesús García Camargo
- Mc. Elizabeth Galindo Cepeda
- Dr. Oswaldo García Martínez
- Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez
- Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
- Mc. Víctor Manuel Sánchez Valdez
- Mc. Antonio Cardenas Elizondo
- Mc. Jorge Corrales Reynaga
- Dr. Gaspar Martínez Zambrano (Mejoramiento de plantas).
- Mc. José Leobardo Bañuelos Herrera (Producción de Ornamentales).
- Mc. Fernando Blázquez García (Hidráulica).
- Dr. Raúl Rodríguez García (Uso y manejo del agua).
- Mc. Gregorio Briones Sánchez (Sistemas de riego)
- Mc. Maria del Socorro Martínez Esquivel (Economía).
- Mc. Mauricio Navarro García (Administración).
- Gustavo Villarreal Maury (Bioquímica).

**Laboratoristas:**

- Cristina Sánchez Flores.
- Silvia Ovalle Nava.
- Blanca Estela Mares Fermín.
- Silvia Magdalena Rocha Salas.
- Guillermina Reyna Sustaita.

Mil gracias, porque a ellos les debo lo que he aprendido y a ellas, por su gran apoyo desinteresado.

## INDICE DE CONTENIDO

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| <b>Pág.</b> |   |     |
|             | <u>DEDICATORIA</u>  | iii |
|             | <u>AGRADECIMIENTOS</u>  | v   |
|             | <u>RESUMEN</u>  | vii |
|             | <u>ABSTRACT</u>   | ix  |
|             | <u>INDICE DE CONTENIDO</u>  | xi  |
|             | <u>INDICE DE CUADROS</u>  | xv  |
|             | <u>INDICE DE FIGURAS</u>  | xvi |
|             | <u>INTRODUCCIÓN</u>   | 1   |
|             | <u>HIPÓTESIS</u>  | 3   |
|             | <u>OBJETIVOS</u>  | 4   |
|             | <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>   | 5   |
|             | <u>Principios de la Solarización</u>                                  | 5   |
|             | <u>Efectos de la Solarización</u>                                     | 7   |
|             | <u>En la Temperatura del Suelo</u>                                    | 7   |
|             | <u>En Nemátodos, Malezas, Bacterias, Hongos y Algas Fitopatógenas</u> | 9   |
|             | <u><i>Verticillium dahlie</i></u>                                     | 10  |
|             | <u><i>Rhizoctonia solani</i></u>                                      | 11  |
|             | <u><i>Pythium sp.</i></u>   | 12  |
|             | <u><i>Phytophthora sp.</i></u>  | 12  |
|             | <u><i>Fusarium oxysporum</i></u>                                      | 13  |
|             | <u><i>Phymatotrichum omnivorum</i></u>                                | 14  |
|             | <u><i>Sclerotium sp.</i></u>  | 14  |
|             | <u><i>Pyrenochaeta terrestris</i></u>                                 | 15  |
|             | <u><i>Thielaviopsis basicola</i></u>                                  | 15  |
|             | <u>En Bacterias Fitopatógenas del Suelo</u>                           | 16  |
|             | <u>En Nemátodos Fitopatógenos</u>                                     | 16  |
|             | <u>En el Control de Malezas</u>                                       | 17  |
|             | <u>En las Características Físicas y Químicas del Suelo</u>            | 18  |

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| En los Organismos Benéficos del Suelo _____                        | 19          |
| En el Crecimiento de las Plantas _____                             | 19          |
| Uso de Extractos Vegetales para el Control de Fitopatógenos _____  | 20          |
| Características de <i>Larrea tridentata</i> o Gobernadora _____    | 20          |
| Efectos Funguicidas y Fungistáticas de la Gobernadora _____        | 22          |
| Sobre <i>Rhizoctonia solani</i> _____                              | 22          |
| Sobre <i>Phytophthora capsici</i> _____                            | 23          |
| Sobre <i>Pythium sp.</i> y <i>P. aphanidermatum</i> _____          | 23          |
| Sobre <i>Alternaria solani</i> _____                               | 24          |
| Sobre <i>Fusarium oxysporum</i> _____                              | 25          |
| Sobre <i>Phymatotrichum omnivorum</i> _____                        | 25          |
| Sobre <i>Eutypa armeniacae</i> (An: <i>Cytosporina sp.</i> ) _____ | 25          |
| Sobre <i>Aspergillus flavus</i> y <i>A. parasiticus</i> _____      | 26          |
| Efecto Bactericida y Bacteriostático _____                         | 26          |
| Efecto Nemáticida _____  | 27          |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> _____                                  | <b>28</b>   |
| <b>Localización y Características del Sitio Experimental</b> _____ | <b>28</b>   |
| Localización _____   | 28          |
| Clima _____  | 28          |
| Suelo _____  | 28          |
| Agua _____   | 29          |
| Características del Experimento _____                              | 29          |
| Diseño Experimental _____  | 29          |
| Variables Evaluadas _____  | 30          |
| Análisis Estadístico _____   | 30          |
| <b>Obtención de la Resina de Gobernadora</b> _____                 | <b>30</b>   |
| Colecta del Follaje _____  | 30          |
| Secado del Material Vegetal _____                                  | 30          |
| Cribado de Hojas Secas _____                                       | 31          |

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Extracción por el Método de Inmersión en Etanol _____                                       | 31          |
| Evaporación del Solvente _____  | 31          |
| Secado y Molienda de la Resina _____  | 32          |
| Establecimiento de la Parcela Experimental _____  | 32          |
| Preparación del Terreno _____   | 32          |
| Incorporación de la Resina de Gobernadora _____   | 32          |
| Instalación del Sistema de Riego y Colocación del Acolchado<br>Plástico Transparente. _____ | 32          |
| Monitoreo de la Temperatura del Suelo _____   | 33          |
| Muestreo del Suelo para Hongos y Algas Fitopatógenas _____                                  | 33          |
| Procesado de Muestras de Suelo _____  | 34          |
| Método de Siembra de Materia Orgánica del Suelo _____                                       | 34          |
| Producción de Plántulas en Invernadero _____  | 35          |
| Prácticas Agronómicas de Manejo del Cultivo de Chile _____                                  | 35          |
| Acolchado con Polietileno Coextruido Plata/Negro _____                                      | 36          |
| Transplante _____   | 36          |
| Riego y Fertilización _____   | 36          |
| Control de Plagas _____   | 36          |
| Cosecha _____   | 37          |
| Colecta de Datos sobre Epidemiología del Daño Radicular _____                               | 37          |
| Incidencia _____  | 38          |
| Severidad _____   | 38          |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> _____   | <b>39</b>   |
| Efectos de la Solarización en la Temperatura del Suelo _____                                | 39          |
| Efecto en las Poblaciones de Hongos y Algas Fitopatógenas del Suelo _____                   | 42          |
| Sobre <i>Fusarium solani</i> _____  | 42          |
| Sobre <i>Pythium sp.</i> _____  | 44          |
| Sobre <i>Rhizoctonia solani</i> _____   | 47          |

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>Efectos en las Poblaciones de Hongos Saprofitos del Suelo</b> _____  | <b>48</b>   |
| <b>Sobre <i>Alternaria alternata</i></b> _____  | <b>48</b>   |
| <b>Efecto en el Inóculo de Hongos y Algas Presentes en el Suelo y su</b><br><b>Relación con la Epidemiología del Daño Radicular</b> _____ | <b>50</b>   |
| <b>Sensibilidad de los Hongos y Algas de Suelo a la Solarización y</b><br><b>Resina de Gobernadora</b> _____                              | <b>50</b>   |
| <b>En el Inóculo Total de Hongos y Algas del Suelo</b> _____  | <b>51</b>   |
| <b>En la Epidemiología del Daño Radicular</b> _____   | <b>53</b>   |
| <b>Incidencia</b> _____   | <b>53</b>   |
| <b>Severidad a los 56 Días Después del Transplante</b> _____  | <b>54</b>   |
| <b>Severidad a los 112 Días Después del Transplante</b> _____   | <b>55</b>   |
| <b>CONCLUSIONES</b> _____   | <b>59</b>   |
| <b>LITERATURA CITADA</b> _____  | <b>60</b>   |
| <b>APÉNDICE</b> _____   | <b>69</b>   |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   | Pág.      |
|---|-----------|
| Cuadro 1. Hongos fitopatógenos que han sido controlados con solarización. _____   | 10        |
| Cuadro 2. Hongos fitopatógenos susceptibles a <i>L. tridentata</i> o sus constituyentes. _____  | 23        |
| Cuadro 3. Comparación de medias de las unidades formadoras de colonia (UFC) de <i>Fusarium solani</i> en función de solarización y dosis de resina de Gobernadora _____               | 42        |
| <b><u>Cuadro 4. Comparación de medias de las unidades formadoras de colonia (UFC) de <i>Pythium sp.bajo</i> solarización y dosis de resina de Gobernadora. _____</u></b>              | <b>45</b> |
| Cuadro 5. Comparación de medias de las unidades formadoras de colonia (UFC) de <i>Alternaria alternata</i> con solarización y dosis de resina de Gobernadora. _____                   | 49        |
| Cuadro 6. Comparación de medias del inóculo total de hongos y algas presentes en el suelo con solarización y dosis de resina de Gobernadora _____                                     | 52        |
| Cuadro 7. Comparación de medias (expresada en porciento del peso de raíz dañada) de los valores de severidad del daño radicular a los 56 días después del transplante de chile _____  | 54        |
| Cuadro 8. Comparación de medias (expresada en porciento del peso de raíz dañada) de los valores de severidad del daño radicular a los 112 días después del transplante de chile _____ | 55        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Pág.       |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1.  | Temperaturas registradas a diferentes profundidades en el día más caliente (Mayo18) durante el período de solarización. _____  | 40 |
| Figura 2.  | Temperatura del aire a las 13:00 hr. durante el período de solarización y a 1.3 y 10 cm de profundidad del suelo. _____  | 41 |
| Figura 3.  | Número de unidades formadoras de colonia de <i>Fusarium solani</i> con solarización y dosis de resina de Gobernadora. _____  | 43 |
| Figura 4.  | Unidades formadoras de colonia de <i>Pythium sp.</i> bajo solarización y dosis de resina de Gobernadora. _____   | 46 |
| Figura 5.  | Unidades formadoras de colonia de <i>Rhizoctonia solani</i> bajo solarización y dosis de resina de Gobernadora. _____  | 47 |
| Figura 6.  | Unidades formadoras de colonia de <i>Alternaria alternata</i> con solarización y dosis de resina de Gobernadora. _____   | 50 |
| Figura 7.  | Sensibilidad de los diferentes hongos y algas presentes en las muestras de suelo a la solarización con 10 kg/ha de resina de Gobernadora, antes (An-Sol) y después de la solarización (Dp-Sol). _____                            | 51 |
| Figura 8.  | Valores totales de unidades formadoras de colonia de hongos y algas presentes en el suelo, en función de solarización y dosis de resina de Gobernadora, antes (An-Sol) y después de la solarización (Dp-Sol).__                  | 53 |
| Figura 9.  | Curva de progreso de severidad del daño radicular del cultivo de chile expresado en porciento de raíz dañada bajo solarización. _____  | 56 |
| Figura 10. | Curva de progreso de severidad del daño radicular del cultivo de chile expresado en porciento de raíz dañada bajo diferentes dosis de resina de Gobernadora. _____   | 57 |
| Figura 11. | Curva de progreso de severidad del daño radicular del cultivo de chile expresado en porciento en peso de raíz dañada bajo el tratamiento de solarización con 20 kg/ha de resina de Gobernadora y sus respectivos testigos. _____ | 58 |

**RESUMEN**

**Biofumigación con Solarización y Extracto de Resina de *Larrea tridentata* Para el Control de Hongos y Algas Fitopatógenas del Suelo y su Efecto en el Daño Radicular del Cultivo de Chile.**

POR

**JESÚS CRUZ BLASÍ**

LICENCIATURA  
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

BUENAVISTA, SALTILLO, FEBRERO DEL 2002

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

- Asesor –

Palabras Clave: Biofumigación, Solarización, Extractos, *Larrea tridentata*, Gobernadora, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium sp.* Epidemiología, Chile.

Bajo la hipótesis de que existe un sinergismo entre el proceso de solarización y la incorporación de resina hidrosoluble de Gobernadora (*Larrea tridentata Coville*) para provocar un efecto de biofumigación que impacte negativamente en la cantidad de inóculo presente en el suelo de hongos y algas fitopatógenas de la raíz, se determinaron las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) por el método de siembra de materia orgánica del suelo y se evaluó la incidencia y severidad del daño radicular, bajo la combinación de solarización y dosis de resina de Gobernadora (0, 5, 10 y 20 kg/ha) en el cultivo de chile. El período de solarización del 28 de Marzo al 20 de Mayo bajo las condiciones de Saltillo, Coahuila, no fue la más adecuada para disminuir la cantidad de inóculo de los hongos y algas fitopatógenas; pero sí limitó su incremento, ya que las temperaturas alcanzadas fueron de 55.8°C y 34.3°C a 1.5 y 10 cm de profundidad de profundidad del suelo solarizado, cuando la temperatura del aire fue de 36°C, además de que estas temperaturas se alcanzaron al finalizar el período de solarización.

Los hongos y algas difieren en su susceptibilidad a las altas temperaturas alcanzadas durante la solarización y a las dosis de resina de Gobernadora aplicada; encontrándose que *Rhizoctonia solani* y *Pythim sp.* son los más vulnerables, ya que sus poblaciones fueron casi reducidas a cero en todos los tratamientos, sin embargo *Fusarium solani* y *Alternaria alternata* fueron más tolerantes. En los tratamientos no solarizados las UFC de *F. solani* se incrementaron en un 700% con respecto a los solarizados y para el factor, dosis de resina, tuvo un incremento del 100% ya que a la dosis de 20 kg/ha de resina hubo 1800 UFC en comparación con el testigo, que presentó 3613 UFC. Para *A. alternata* los resultados indican que no fue afectado por las temperaturas generadas durante la solarización, sin embargo sí es afectado por la resina de Gobernadora ya que conforme aumentan las dosis de resina las UFC disminuyen, así en el testigo la cantidad de inóculo aumentó a 1087 UFC de *A. alternata* en comparación con el tratamiento de 20 kg/ha de resina de Gobernadora que solo reportó 250 UFC. El efecto que tiene la solarización y la resina de Gobernadora sobre la cantidad de inóculo presente en el suelo también se puede observar en la severidad del daño radicular, donde se apreció que las raíces de las plantas de chile que se desarrollaron en el suelo no solarizado y sin aplicación de resina de Gobernadora presentaron el mayor daño (12.59%), en comparación con los otros tratamientos que estuvieron en el rango de 2.22 a 5.2 %

**ABSTRACT**

**Biofumigation with Solarization and *Larrea tridentata* Extract for the Control of Soilborne Pathogens and its Effects on the Root Damage of Pepper Crop.**

BY

**JESÚS CRUZ BLASÍ**

GRADUATION  
IN PLANT PARASITOLOGY  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**  
BUENAVISTA, SALTILLO, FEBRERO DEL 2002

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

- Advisor -

Key Words: Biofumigation, Solarization, Extract, *Larrea tridentata*, Gobernadora, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium sp.* Epidemiology, Pepper.

During the spring and summer season of the year 2001 a random factorial experiment 2x4 and four replication was established in Saltillo, Coah., at CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada) experimental station on a pepper crop cv Anaheim. The A factor were two solarization periods (50 days and the control), and B were four levels of *Larrea tridentata* ethanolic extract (0, 5, 10 y 20 k/ha), applied to the soil before starting the solarization. The biofumigation period was from April 1 to May 20. Before and after placing the mulching film of clear polyethylene (caliper 175), soil samples were taken in order to determine the amount of Colony Forming Unites (CFU). The method for determine the CFU in the laboratory was placing the organic matter from the soil in petri plates that later were incubated in a growth chamber.

The maximum soil temperatures reached during the experiment were 55.8°C and 34.3°C at the soil depths of 1.5 and 10 cm, at same time the air temperature was 36°C. These soil temperatures did not eliminate completely the total amount of soilborne pathogens, however, the solarization avoided the increase of plant pathogens. Our results indicate that the most vulnerable plant pathogens the biofumigation treatment were *Rhizoctonia solani* y *Pythium sp.*, because their populations were almost 0% in all treatments; however, *Fusarium solani* y *Alternaria alternata* were more resistant to the treatments. On the other hand, in the control treatment the CFU of *F. solani* were increased in about 700% in relation to the solarized treatment; the *Larrea* resin also showed an antifungal effect because with the dosage of 20 k/ha there were 1800 CFU compared to the control that reported 3613 CFU. The fungus *A. alternata* was not affected by the increase of soil temperature, but the data indicate that *Larrea* resin had an inhibitory effect, because the soil population of this fungus decreased according to the increasing levels of *Larrea* resin applied to the soil. The incidence of root damage caused by plant pathogens at 56 days after transplanting was 54% in the control and 65% in the solarized treatment, therefore, there was no difference among *Larrea* dosages. At 112 days after the transplant the incidence increase 100% in all treatments; in regards to the severity of root damage it was clear that the pepper roots grown in the solarized soil and without *Larrea* resin presented the greatest damage (12.59%), compared to the other treatments that fluctuated in the range of 2.22 to 5.2%.

From this experiment we concluded that the biofumigation treatments with soil solarization and *Larrea* resin applied during the spring under the climatic conditions of Saltillo, Coah. were capable of reducing the amount of soilborne pathogens, especially *Rhizoctonia solani* and *Pythium sp.*; however, the low air temperatures at this time of the year, did not have a lethal effect on other plant pathogens such as *F. solani* y *A. alternata*, but the treatments did inhibited the growth and development of those fungus.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura intensiva ha tenido una dependencia muy fuerte de fumigantes químicos inorgánicos para la prevención y control de patógenos del suelo con todos los problemas alternos que esto implica (Wheeler, 1997), pero actualmente se están dando cambios radicales en esas prácticas en todas las áreas más tecnificadas del mundo (Castillo *et al.*, 1999); la razón principal de estos cambios han sido las acciones regulatorias internacionales que han estado 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 cual se usan unas 80,000 toneladas al año, que después de ser aplicados al suelo se evapora a la atmósfera, se mueve hasta la estratosfera y está contribuyendo a la desaparición progresiva de la capa de ozono; algunos otros plaguicidas 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 del mercado mundial para el año 2010 (O'Neill, 1997).

La globalización de los mercados ha propiciado un libre flujo de productos de hortalizas frescas que son agentes de diseminación de enfermedades, insectos plaga, microorganismos dañinos al ser humano y residuos de plaguicidas; que han hecho que los gobiernos estén promoviendo acciones regulatorias como las del “Programa de Inocuidad Alimentaria para Frutas y Hortalizas Frescas”, que elaboraron el Departamento de Agricultura (USDA) y la Agencia de Protección para el Medio Ambiente (EPA) de EUA.

Por lo anterior, métodos más amigables con el medio ambiente que permitan desinfectar los suelos basados en principios biológicos, físicos o con químicos derivados

de productos orgánicos vegetales, son los que estarán predominando y los que serán alentados por los gobiernos y la sociedad en general (Cross *et. al.*, 1994; DeVay, 1995).

El uso de plásticos en la agricultura ha permitido incrementar la eficiencia y el potencial de la producción agroalimentaria durante los últimos 40 años. Su uso es tan variado que se ha logrado el desarrollo acelerado de nuevas tecnologías de producción intensiva, además de su creciente consumo y expansión aún en países en desarrollo (Papaseit *et. al.*, 1997). 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 a través del uso de plásticos transparentes como acolchado antes de la plantación, 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 la incorporación de estiércol, extractos vegetales o residuos de cosecha, con las temperaturas alcanzadas durante la solarización que por sí solo es letal para la mayoría de los fitopatógenos 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; ya 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 funguicida (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), nematicida (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 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 2001 en México es de 735 millones de dólares con 1.4 millones de toneladas. En los últimos años la superficie cultivada ha aumentado en un 35%, 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 (Productores de Hortalizas, 2001).

Dentro de las limitantes de los sistemas de producción del cultivo de chile se encuentran las causadas por enfermedades radiculares producidas por varios hongos y algas, entre los cuales destacan *Phytophthora capsici*, *Verticillium dahlie*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.* Estos patógenos pueden llegar a causar la muerte total de la planta y de todo el cultivo dependiendo del grado de contaminación del suelo (Nuez *et. al.*, 1996). Por lo tanto, la biofumigación con solarización y la incorporación de resina de Gobernadora representa una opción para la prevención y control de estos patógenos desde una perspectiva ecológicamente sustentable y sin deterioro del medio ambiente.

### **Hipótesis**

El incremento en la temperatura del suelo provocado por el acolchado plástico transparente y el efecto biocida de la resina de Gobernadora incorporada al suelo, tendrán un efecto sinérgico que ocasionará una reducción del inóculo de hongos y algas fitopatógenas presentes en el suelo, promoviendo de esta manera un efecto de biofumigación. Con base en esta hipótesis se plantearon los siguientes objetivos.

## Objetivos

- Analizar el efecto de la solarización en el incremento de la temperatura del suelo y su relación con el efecto letal contra patógenos del suelo.
- Conocer el efecto de la solarización en el número de unidades formadoras de colonia (UFC) de hongos y algas fitopatógenas presentes en el suelo y determinar si este efecto influye directamente en la epidemiología de las enfermedades radiculares en el cultivo de Chile.
- Generar información de campo sobre el efecto antifúngico del extracto etanólico hidrosoluble de resina de Gobernadora sobre la cantidad de inóculo presente en el suelo.
- Determinar el efecto sinérgico de la solarización y el extracto de Gobernadora en los fitopatógenos del suelo y el nivel de daño radicular en las plantas de Chile.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 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). En la solarización, el suelo es acolchado durante los meses más calientes del año en un intento para incrementar la temperatura máxima a niveles letales para los microorganismos y malezas presentes en el suelo. Los principios físicos, químicos y biológicos de la solarización de suelos, son resumidos por los autores antes mencionados de la siguiente manera:

- La solarización calienta el suelo durante las horas de mayor radiación solar, a mayor profundidad de suelo la temperatura máxima se reduce, es alcanzada más tarde durante el día, y mantenida por períodos de tiempo más largos.
- Una buena preparación de la tierra antes de sembrar o trasplantar es esencial para la solarización. Después de retirar el plástico transparente y una vez que terminó el período de solarización, el suelo debe de evitar disturbarse lo menos posible para evitar la recontaminación.
- 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 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 suelos más profundas. Resultados satisfactorios en diversas regiones del mundo, con diferentes patógenos, han sido obtenidos usualmente en el rango de 20 a 60 días de solarización.
- Frecuentemente el efecto de la solarización se aprecia a largo plazo en el control de enfermedades y en el incremento en rendimiento, se ha observado el beneficio de esta práctica todavía en el segundo y aún después de cuatro ciclos de cultivos.
- La solarización causa cambios químicos, físicos y biológicos en el suelo, lo cual afecta el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, durante el período de solarización es recomendable ir cambiando ciertas practicas de manejo agronómico como fertilización (para evitar un exceso de nutrientes), fecha de siembra y densidad del cultivo (Katan y DeVay, 1991).

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 a ser dañado 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 16:00 hrs. 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  $\mu\text{m}$ ) registró 57°C a la misma profundidad; o sea solamente 11°C más que en el testigo sin acolchado plástico. Estos mismos autores encontraron que a 15 cm de profundidad las temperaturas fueron menores que a 5 cm, alcanzando los 50°C en el suelo con plástico de menor espesor, mientras que el suelo cubierto con plástico grueso alcanzó solamente 48°C.

El 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. Ha esta misma profundidad, la temperatura antes mencionada solo fue alcanzada durante 6 días en las parcelas testigo.

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

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 en las Poblaciones de Nemátodos, Malezas, Bacterias, Hongos y Algas Fitopatógenas Presentes en el Suelo.**

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

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

La solarización controla poblaciones de muchos hongos y bacterias fitopatógenas, incluyendo *Verticillium dahlie*, que causa la secadera en muchos cultivos; ciertas especies de *Fusarium spp.* que también causa secadera en algunos cultivos; *Phytophthora cinnamomi* causante de la pudrición de la raíz; una lista más completa de los hongos y algas fitopatógenas que han sido controlados por la solarización se muestra en el cuadro 1. Así también a la bacteria *Agrobacterium tumefasciens* la cual causa la enfermedad llamada agalla de la corona; *Clavibacter michiganensis* que ocasiona el cáncer del tomate y *Streptomyces scabies* causante de la roña de la papa. Otros hongos y bacterias son más difíciles de controlar con solarización como ciertos hongos tolerantes a altas temperaturas, entre ellos *Macrophomina phaseolina* (pudrición carbonosa),

*Fusarium oxysporum f. sp. pini*, y la bacteria del suelo *Pseudomonas solanacearum* (Elmore *et. al.*, 1997).

**Cuadro 1. Hongos fitopatógenos que han sido controlados con solarización (Elmore *et. al.*, 1997).**

| <b>HONGOS</b>                                 |  |
|---|--|
| <b>Nombre científico</b>                      | <b>Enfermedad</b>                                  |
| <i>Didymella lycopersici</i>                  | Pudrición del tallo por <i>Didymella</i> en tomate |
| <i>Fusarium oxysporum f. sp. conglutinans</i> | Marchitez por <i>Fusarium</i> en cucurbitáceas     |
| <i>Fusarium oxysporum f. sp. fragariae</i>    | Marchitez por <i>Fusarium</i> en fresa             |
| <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>  | Marchitez por <i>Fusarium</i> en jitomate          |
| <i>Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum</i>  | Marchitez por <i>Fusarium</i> en algodón           |
| <i>Plasmodiophora brassicae</i>               | Hernia de las crucíferas                           |
| <i>Phoma terrestris</i>                       | Raíz rosada en cebolla                             |
| <i>Phytophthora cinnamomi</i>                 | Trizteza del aguacatero                            |
| <i>Pyrenochaeta lycopersici</i>               | Acorchamiento del cuello y raíz del tomate         |
| <i>Pythium ultimum, Pythium spp.</i>          | Ahogamiento o damping off                          |
| <i>Pythium myrothecium</i>                    | Pudrición de la vaina del cacahuete                |
| <i>Rhizoctonia solani</i>                     | Costra negra de la papa                            |
| <i>Sclerotinia minor</i>                      | Pudrición de la lechuga                            |
| <i>Sclerotium cepivorum</i>                   | Pudrición blanca de la cebolla                     |
| <i>Sclerotium rolfsii</i>                     | Marchitez sureña                                   |
| <i>Thielaviopsis basicola</i>                 | Pudrición negra de la raíz en café y cacao         |
| <i>Verticillium dahlie</i>                    | Verticilosis en plántula                           |
| <i>Botrytis cinerea (en invernadero)</i>      | Moho gris  |

#### **Efectos de la Solarización de Suelos Sobre *Verticillium dahlie*.**

En el libro de Katan *et. al.* (1991) se menciona que se usó una película de PE transparente de 0.03 mm de espesor para cubrir un suelo previamente irrigado durante los meses de Julio y Agosto; después de dos semanas de tratamiento, el hongo fitopatógeno *Verticillium dahlie* fue eliminado en el estrato de 0 a 25 cm del suelo, en posteriores experimentos en el cultivo del tomate y berenjena bajo condiciones de campo, se reportó una reducción de la marchitez de este hongo de 25 a 95%, además las malezas también fueron controladas y se mejoró el crecimiento de las plantas.

En el trabajo realizado por Grinstein *et. al.* (1979) se evaluó la eficiencia de la solarización para controlar *V. dahlie*. El suelo fue irrigado y cubierto con PE de 0.04 mm de espesor por 31 días, posteriormente, se realizó una siembra de papa en el terreno tratado, este tratamiento eliminó los microesclerocios de *V. dahlie* y disminuyó el índice de enfermedad entre un 96 y un 99%, también controló malezas y aumentó el rendimiento en un 35% en relación con el testigo.

Porter y Merriman (1982) determinaron que *V. dahlie* es un hongo sensitivo a las altas temperaturas generadas en el proceso de solarización, ya que este patógeno murió a temperaturas situadas en el rango de 38° a 55°C.

### **Efecto de la Solarización de Suelos Sobre *Rhizoctonia solani***

La información consignada por Pullman *et. al.* (1979) en la que utilizaron diferentes períodos de solarización para el control de este fitopatógeno, reportaron que solarizar durante 2 semanas ocasionó que a la profundidad de 0-15 cm se redujera el inóculo de 4.0 propágulos por 100 g de suelo en el testigo a cero en el suelo tratado, obteniéndose resultados similares en los tratamientos donde se utilizó plástico de 1 mm como en el de 4 mm de espesor.

En el trabajo de Guzmán y Escalante (1990) se comprobó la efectividad de la solarización y la bromuración a dosis de 160 ml/150 g de sustrato, bajo condiciones de microtúneles y 4 diferentes niveles de humedad (0, 10, 50 y 100 cm de succión), en la reducción de porcentaje de daño causado por *R. solani* en fríjol ejotero var. Bayomex durante la etapa de desarrollo de primer y tercer hoja trifoliada, en arena de tezontle. En forma general la solarización redujo el porcentaje de daño hasta en un 20%, mientras que la bromuración solo lo redujo en un 15% aproximadamente con respecto al testigo inoculado sin tratar, que fue de 30%.

En el trabajo reciente reportado por Ascencio (2001) se estudió la solarización en el municipio de Arteaga, Coahuila en suelos cultivados con papa, con un plástico de 50

micras, estableciendo tratamientos a diferentes intervalos de tiempo (5, 10 y 15 semanas), con y sin gallinaza. En este trabajo se muestreo a dos perfiles de suelo (0-10 y 10-20 cm), para determinar las poblaciones existentes en suelo de *R. solani*. Sus resultados reportan una disminución de las poblaciones de *R. solani* en un 97 % en los tratamientos solarizados durante 10 y 15 semanas a un perfil de 0-10 cm con gallinaza, para el suelo solarizado pero sin gallinaza a un perfil de 10-20 cm se encontró que disminuye las poblaciones en un 92% durante los mismos períodos, para el mismo patógeno. El trabajo concluye que la gallinaza ayuda a incrementar la temperatura de solarización, ya que donde se aplicó 2 ton/ha hubo un incremento de 7°C a 11°C a 5 cm de profundidad, con respecto al suelo no solarizado.

También ha sido reportado que la solarización en bolsas de polietileno es más efectiva que la solarización convencional para controlar a *R. solani* (Kassaby, 1985).

#### **Efecto de la Solarización de Suelos Sobre *Pythium spp.***

Los trabajos de Pullman *et. al.* (1979, 1981) evaluaron períodos de solarización para determinar su efecto sobre diferentes especies de género *Pythium* existentes en el suelo, ellos determinaron que un periodo de dos semanas de tratamiento redujo de 239 propágulos por gramo de suelo en el testigo a solo 6.0 propágulos en un suelo cubierto con plástico de 1 mm de espesor, mientras que en los tratamientos de cuatro semanas la cantidad de propágulos se redujo de 324.2 a 0.3 en el suelo cubierto con plástico de 4 mm de espesor. Con nueve semanas de tratamiento se disminuyó el inóculo de 369.7 a 0.3 a la profundidad de 0-15 cm, cuando se evaluaron los efectos de la solarización para el control de las especies de *Pythium* a profundidades de 15-30 y 30-45 cm se obtuvieron resultados similares, lográndose reducir a cero el número de propágulos por gramo de suelo de este hongo en alguno de los tratamientos de cuatro y nueve semanas de solarización.

#### **Efecto de la Solarización de Suelos Sobre *Phytophthora spp.***

En el estudio de Juárez *et. al.* (1990) se evaluó el efecto de la solarización del suelo en la sobrevivencia de los patógenos *Phytophthora cinnamomi*, *P. cactorum* y *P. megasperma*. El inóculo previamente desarrollado en el laboratorio lo colocaron en bolsas de nylon y se depositó a tres diferentes profundidades (15, 30 y 45 cm). Las parcelas solarizadas se cubrieron con plástico transparente de 25  $\mu\text{m}$  durante dos a cuatro semanas. En sus resultados reportan que *P. cinamomi* no fue totalmente eliminado a los 45 cm, sin embargo, a los 15 y 30 cm fue completamente eliminado a las dos semanas de tratamiento. A los 15 cm de profundidad fue eliminado *P. cactorum*, mientras que en las capas más profundas únicamente se incrementó su mortalidad; sin embargo, *P. megasperma* fue significativamente afectado a los 15 cm durante las cuatro semanas de tratamiento.

Kassaby (1985) menciona que modificaciones a la solarización convencional en bolsas de polietileno fueron más efectivas para controlar a *P. cryptogea*.

### **Efecto de la Solarización Sobre *Fusarium oxysporum*.**

Un trabajo pionero de Katan *et. al.* (1976) reporta que utilizando polietileno transparente de 0.03 mm la población de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* fue reducida de 94 a 100% a una profundidad de 5 cm, mientras que en el estrato de 15 cm se redujo de 68 a 100% y a una profundidad de 25 cm encontró una reducción de 54 a 63%. Las temperaturas máximas en el suelo fueron de 49 a 52°C de 0 a 5 cm de profundidad y de 42°C a 15 cm.

En el trabajo de Kassaby (1985) se reportan algunas modificaciones de la solarización convencional, el menciona que la solarización del suelo en bolsas de polietileno fue más efectiva que la solarización común para controlar patógenos del suelo como *F. oxysporum*.

Jiménez *et. al.* (1989) determinaron la efectividad de este técnica, así como el efecto en la población de saprofitos del suelo. El tratamiento se inició a mediados de Mayo, al momento de colocar el plástico se enterraron los diferentes patógenos a varias

profundidades. En este estudio se determinó la microflora natural y el contenido de nutrientes en el suelo, en sus resultados se menciona que los diferentes períodos de solarización afectaron de manera limitada al hongo *F. oxysporum*. Los tratamientos que mostraron un mayor efecto en la reducción de este fitopatógeno fue el de 4 semanas, ya que reportó solo cero y 0.5 colonias a 10 y 20 cm de profundidad, en comparación con el testigo que presentó 151 y 128 colonias del hongo a 10 y 20 cm de profundidad respectivamente.

Castro y Dávalos (1989), evaluaron varios períodos (meses) de solarización en diferentes épocas, como una alternativa para el control de la secadera de la fresa causada por diversos hongos entre los cuales se encuentra *F. oxysporum*. El experimento se realizó en el municipio de Irapuato, Guanajuato durante el ciclo 1987-88, en un suelo que había sido plantado con fresa por varios años consecutivos. En los resultados reportan que hubo control en todos los tratamientos, encontrándose diferencia significativa entre los períodos de solarización. Los rendimientos fueron iguales entre los períodos de solarización (3 y 5 meses). Las mejores épocas para solarizar fueron durante los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto. En cuanto al porcentaje de sobrevivencia no se observó diferencia significativa.

#### **Efecto de la Solarización de Suelos Sobre *Phymatotrichum omnivorum*.**

En el trabajo reportado por Jiménez *et. al.* (1989) también menciona que en los tratamientos de 4 semanas de solarización el hongo *Phymatotrichum omnivorum* causante de la “pudrición texana”, formó micelio de 0.3, 0.4 y 1.2 cm de largo a las profundidades de 10, 20 y 30 cm respectivamente. En el tratamiento con 4 semanas de solarización más estiércol se obtuvieron resultados similares; mientras que en el testigo el micelio creció 8.6, 15.8 y 17.9 cm respectivamente a las profundidades antes mencionadas.

#### **Efecto de la Solarización Sobre *Sclerotium spp.***

El estudio de Grintein *et. al.* (1979) reporta un aumento de la temperatura del suelo húmedo cubierto con plástico transparente durante los meses más calientes del año. En la primavera siguiente sembró cacahuate, resultando una disminución significativa de plantas enfermas por *Sclerotium rolfsii* y presencia de malezas, además de incrementar el rendimiento y calidad en un 52.8 y 123.5% respectivamente.

Haroon y Ghaffar (1982) reportaron aumentos de temperaturas del suelo de 36° C descubierto a 48° C cubierto con polietileno en suelos húmedo a los 5 cm de profundidad y de 44 a 52° C en un suelo seco. A 20 cm de profundidad la temperatura se incrementó de 32°C a 38°C en un suelo húmedo y de 35 a 39°C en un suelo seco. En un suelo artificialmente inoculado con *Sclerotium oryzae* observaron una pérdida en la viabilidad de 95 a 100% en los esclerocios producidos por el hongo.

Porter y Merriman (1982) determinaron el efecto de cubrir el suelo con polietileno transparente, en la viabilidad de patógenos de plantas. Pruebas preliminares demostraron que los patógenos murieron a temperaturas en el rango de 38 a 55°C. Los organismos más sensitivos al tratamiento fueron los hongos, *S. cepivorum* y *S. minor*.

#### Efecto de la Solarización Sobre *Pyrenochaeta terrestris*.

Katan *et. al.* (1980) probaron la efectividad del calentamiento del suelo por medio del uso de las cubiertas de polietileno transparente para controlar hongos que atacan el cultivo de la cebolla. El calentamiento solar redujo la incidencia y severidad de la pudrición rosada causada por *Pyrenochaeta terrestris*, de 73 a 100% durante los 7 meses después del crecimiento de las plantas.

#### **Efecto de la Solarización Sobre *Thielaviopsis basicola*.**

En el trabajo de Pullman *et. al.* (1979, 1981) se evaluaron períodos de solarización para el control de este hongo, utilizando como parámetro el porcentaje de discos de zanahoria colonizados. Ellos encontraron que en uno de los tratamientos se redujo en 83.3%, mientras que en el testigo se redujo solo en 3.3% los discos de

zanahoria colonizados por el hongo; en los tratamientos de cuatro y nueve semanas se eliminó por completo este patógeno, resultando en los testigos un 93.3% y 86.7% de discos colonizados respectivamente a 15 cm de profundidad, encontrando resultados similares a 30 y 45 cm de profundidad.

### **Efectos de la Solarización en Bacterias Fitopatógenas del Suelo.**

El efecto de la solarización del suelo sobre estos microorganismos no ha sido muy exitoso, sin embargo las bacterias que sí se han logrado controlar por este fenómeno son *Agrobacterium tumefaciens* (agalla de la corona), *Clavibacter michiganensis* (cáncer del tomate) y *Streptomyces scabies* (costra de la papa) (Katan y Devay, 1991). Resultados inconsistentes han sido reportados en *Pseudomonas solanacearum* (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*; *Macropostomia xenoplas*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne hapla*, *Globodera rostochiensis*, *Pratylenchus penetrans*, *Tylenchulus semipenetrans*, *Pratylenchus protensis*, *Pratylenchus thornei*, *Paratylenchus hamatus*, *Rotylenchus incultus*, *Criconemella xenoplas*, *Paratrychodorus lobatum* y *Paratrychodorus minor*,

*Helicotylenchus digonicus*, *Heterodera schachtii*, *Criconemella* sp. y *Xiphinema* sp. (Katan y DeVay, 1991; Elmore *et. al.*, 1997).

Los géneros que no fueron controlados por este método son *Meloidogyne incógnita* y *Paratylenchus neoamblycephaalus* (Katan y Devay, 1991).

La combinación de la solarización con compuestos orgánicos ha tenido buenos resultados, por ejemplo, un excelente control del nemátodo agallador de la raíz (*Meloidogyne incógnita*) se obtuvo en el valle de San Joaquín en California combinando la solarización con la aplicación de gallinaza (Gamliel y Stapleton, 1993).

### **Efectos de la Solarización de Suelos en el Control de Malezas.**

La solarización de suelos controla muchas malezas anuales y perennes. Mientras que algunas especies de malezas son muy sensibles a la solarización del suelo, otras son moderadamente resistentes y requieren condiciones óptimas (buena humedad del suelo, plástico bien colocado y pegado al suelo y una alta radiación ) para su control.

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

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

La solarización generalmente no controla malezas perennes tan bien en comparación con las malezas anuales debido a que las perennes generalmente tienen estructuras vegetativas enterradas en el suelo como raíces y rizomas que pueden rebrotar. Semillas de zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y la enredadera (*Convolvulus arvensis*) sí son bien controlados con la solarización. Los rizomas de los zacates bermuda, y Johnson pueden ser controlados por la solarización si no están enterrados profundamente

La solarización por sí misma no es efectiva para el control de rizomas de la enredadera. El coquillo (*Cyperus esculentus*) es controlado parcialmente por la solarización del suelo. El coquillo púrpura (*Cyperus rotundus*) no es significativamente afectado; en algunas ocasiones una pobre solarización ha inducido el crecimiento del coquillo púrpura (Elmore *et al.*, 1997).

La sensibilidad de las diferentes especies varían, desde muy susceptibles, donde se obtiene de un 90 a 100% de el control de germinación de sus semillas con simplemente unos días de tratamiento de solarización; susceptibles, las cuales se controlan de un 80 a 100% con un tratamiento de 20 días y el grupo de las tolerantes que se necesita de 40 a 50 días de solarización para controlar un 80% de la población, (ver cuadro A-1 del apéndice) (Munro, 1987; Elmore, 1997).

Dentro de las especies de malezas, de las cuales no se ha logrado su control por medio de solarización se encuentran: *Malva niceansis*, *Convolvulus arvensis* (planta), *Cynodon dactylon* (planta), *Conyza canadiensis*, *Eragrostis spp.*, *Cyperus rotundus*, *Melilotus albus*, *Sorghum halepense* (planta) y *C. esculentum*, (Katan y Devay, 1991; Elmore *et al.*, 1997).

### **Efectos de la Solarización en las Características Físicas y Químicas del Suelo.**

La solarización promueve cambios en las características físicas y químicas del suelo que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas. Acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo, lo que resulta en la liberación de nutrientes solubles

como nitrógeno, (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), y ácido fúlvico, haciéndolos más disponibles para las plantas. El mejoramiento en la estructura del suelo también se ha observado por la agregación del mismo (Elmore *et. al.*, 1997).

### **Efectos de la Solarización en el Incremento de Organismos Benéficos del Suelo.**

Muchos organismos del suelo benéficos son capaces de sobrevivir a la solarización o recolonizar el suelo muy rápidamente. Microorganismos benéficos muy importantes son los hongos micorrízicos, hongos y bacterias que parasitan patógenos de las plantas y que ayudan al crecimiento de las mismas. Las lombrices, por ejemplo, se cree que se refugian a mayores profundidades y escapan a los efectos del calentamiento del suelo (Elmore *et. al.*, 1997).

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

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

### **Efecto de la Solarización en el Crecimiento de las Plantas.**

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

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

Recientemente, Montes-Belmont *et. al.* (2000) realizó un análisis retrospectivo de las investigaciones realizadas sobre el uso de extractos vegetales con propiedades antifúngicas. Este autor presentó una síntesis de las experiencias de doce 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 (*Larrea tridentata* Coville).**

La Gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) Coville) es una de las especies pertenecientes a la familia de las *Zygophyllaceae*, arbusto nativo, perenne,

ecológicamente dominante en los desiertos Chihuahuense y Sonorense de Baja California y Norte de México y en las zonas semiáridas de Sur de California, Nuevo México, Texas y Arizona en Estados Unidos. Se estima que el 25% (500,000 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 se le han reportado 66 usos en la fitoterapéutica, tales como infecciones genito-urinarias, y del tracto respiratorio, cálculos renales, inflamaciones musculares, daños de la piel, pasmo intestinal, pasmo menstrual, desorden uterino, anticancerígeno, diurético (contra la diabetes), antimicótico y antimicrobial (Brinker, 1993).

Una característica fitoquímica de *L. tridentata* es que produce una espesa resina que se acumula en sus hojas y tallos. Barbour *et. al.* (1977) reportó que esa resina permite reducir la evapotranspiración de la Gobernadora y también la protege contra los efectos de la radiación ultravioleta.

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

### **Efectos Funguicidas y Fungistáticas de la 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 en el extracto metanólico como clorofórmico; no así para *Fusarium oxysporum* que solamente se logró un 76% y 93% para cada extracto respectivamente a 1000 ppm.

Brinker (1993) cita en el cuadro 2 una lista de hongos y algas de importancia agrícola que han sido controlados bajo condiciones “*in vitro*” por la resina de Gobernadora o cualquiera de sus constituyentes químicos.

### **Efectos de la Resina de Gobernadora Sobre *Rhizoctonia solani*.**

Las propiedades funguicidas de la Gobernadora con distintos extractos a base de etanol, cloroformo e hidróxido de sodio fueron analizados por Garza *et. al.* (1996) quienes concluyeron que el hongo *R. solani* inhibió su desarrollo bajo condiciones “*in vitro*” con los tres extractos de *Larrea* estudiados y con las cuatro concentraciones de la resina aplicada (250, 500, 1000 y 2000 ppm).

Guzmán (2001) encontró que para *R. solani* existe una diferencia marcada en cuanto a los desiertos, paralelos y dosis aplicada, concluyendo que los mejores resultados se obtuvieron con los extractos del desierto Sonorense (D.S.) fracción etanólica en comparación del desierto Chihuahuense (D.Ch.) con ambos extractantes (etanólica y clorofórmica). Así se tienen los datos de que la resina del paralelo 25° inhibe en un 78.81% y del paralelo 27° un 100% a 2000 ppm fracción etanólica del desierto Sonorense, en comparación de un 100% de inhibición del paralelo 27° a 4000 ppm extracción etanólica y de un 100% de la extracción clorofórmica a 8000 ppm del desierto Chihuahuense.

**Cuadro 2. Hongos fitopatógenos susceptibles a *L. tridentata* o sus constituyentes (Brinker, 1993).**

| HONGOS                      | SUBSTANCIAS |
|-----------------------------|-------------|
| <i>Fusarium</i>             | B,C,D       |
| <i>Pythium</i>              | C,D         |
| <i>Rhizoctonia solani</i>   | B,C,D       |
| <i>Penicillium citrinum</i> | B           |
| <i>Aspergillus flavus</i>   | A           |
| <i>A. fumigatus</i>         | A,B,F       |
| <i>A. niger</i>             | B           |
| <i>A. oryzae</i>            | B           |
| <i>Rhizopus delemar</i>     | B           |
| <i>R. nigricans</i>         | B,C,D       |
| <i>Mucor</i>                | B           |

A= Extracto de Gobernadora; B= NDGA; C= Norisoguaiacina; D= ácido dihydroguaiaretico; F= NDGA sintético.

#### **Efectos de la Gobernadora Sobre *Phytophthora capsici*.**

El efecto de las hojas de Gobernadora en polvo para el control de enfermedades de la raíz en jitomate fue estudiado por García *et. al.* (1997), los resultados obtenidos por ellos indican que la alga fitopatógena *P. capsici* redujo su efecto patológico cuando se adicionó *Larrea* en polvo al suelo infestado. Ellos destacan que se observó una mortandad de plantas del 54% en ausencia de la Gobernadora y de solo 6.2% en presencia de *Larrea* al 1% en base al peso de la tierra contenido en las macetas; lo cual es prácticamente imposible de lograr sin la aplicación de fungicidas sistémicos de alto costo económico y severo impacto ambiental.

#### **Efectos de la Gobernadora Sobre *Pythium sp.* y *P. aphanidermatum*.**

Salazar *et. al.* (1990) realizaron una investigación para determinar el efecto de residuos de Gobernadora sobre la alga *P. aphanidermatum* y su efecto sobre la germinación y crecimiento de plántulas de frijol. En este trabajo se demostró que la muerte en la preemergencia fue más alta en los tratamientos inoculados con los patógenos (80 al 100%), excepto en aquellos donde se adicionó Gobernadora donde el porcentaje de germinación fue del 100%. En las pruebas “*in vitro*” efectuadas con

*Larrea* se detectó que el polvo de hojas y el extracto en acetona también inhibieron el crecimiento del patógeno.

Al comparar el efecto de seis dosis de resina de Gobernadora colectada de los desiertos Chihuahuense y Sonorense, Balvantín (2001) señala que el hongo *Pythium* sp. fue significativamente inhibido en su desarrollo micelial aun con las dosis más bajas estudiadas; ya que con 500 ppm se tuvo un 100% de inhibición con los extractos etanólicos del desierto Sonorense, mientras que con esa misma dosis pero con el extracto del desierto Chihuahuense se redujo el crecimiento del hongo en casi un 70% en comparación con el testigo. Solo en el caso del desierto Chihuahuense se tuvo un leve crecimiento del micelio en las cajas Petri con las dosis de 1,000 y 2,000 ppm, pero a partir de la dosis de 4,000 ppm el hongo fue inhibido totalmente.

#### **Efectos de la Resina Gobernadora Sobre *Alternaria solani*.**

Con respecto a la acción antifúngica contra *A. solani*, Sánchez (2001) en un estudio donde comparó los extractos obtenidos de diferentes solventes de los desiertos Sonorense y Chihuahuense, para evaluar diferencias entre los extractantes y entre desiertos, debido a la mayor concentración de resina. Los resultados indican que los extractos de los dos desiertos son diferentes entre sí, ya que los obtenidos del desierto Sonorense fueron en general superiores a los del desierto Chihuahuense. Por lo que se refiere a la acción fungicida de los diferentes extractos, la información generada muestra que a pesar de que no existen diferencias marcadas en los datos, los clorofórmicos fueron los más eficaces, porque con la dosis de 4000 ppm lograron inhibir al 100% el crecimiento micelial de *A. solani*; en comparación con los etanólicos, metanólicos y sódicos que inhibieron en un 97.7% el crecimiento del hongo. Por lo que se refiere a las dosis estudiadas se observó una clara acción biocida de los extractos de ambos desiertos, ya que la media general de inhibición del crecimiento micelial para las dosis de 500, 1000, 2000 y 4000 ppm fue de 80.2, 87.2, 90.5 y 93.4% respectivamente.

Barragán (1981) llevó a cabo un bioensayo con el hongo *A. solani*, agente causal del tizón temprano de la papa, el cual fue inhibido totalmente en su desarrollo con la resina de Gobernadora fracción etanólica a dosis de 2,000 y 1,000 ppm. Encontrado que la fracción etanólica es superior a la clorofórmica para inhibir el desarrollo de *A. solani*.

#### **Efectos de la Resina de Gobernadora Sobre *Fusarium oxysporum*.**

*F. oxysporum* es uno de los hongos que presentan mayor tolerancia a la resina de Gobernadora, así lo demuestran los trabajos realizados por diferentes autores. Fernández *et. al.* (1979) indican que *F. oxysporum* no pudo ser eliminado completamente, dado a que solamente se logró un 76% y 93% para cada extracto (metanólico y clorofórmico) respectivamente a 1000 ppm.

Guzmán (2001) indica que *F. oxysporum* no pudo ser eliminado totalmente (solo un 90.5%) a 8000 ppm. con la resina de ambos desiertos (Sonorense y Chihuahuense), ni con cualquiera de los extractantes, etanólica y clorofórmica.

#### **Efectos de la Resina de Gobernadora Sobre *Phymatotrichum omnivorum*.**

Los estudios realizados por Rodríguez (1980) menciona que la resina de Gobernadora fracción etanólica y clorofórmica a dosis de 1,000 ppm lograron inhibir en un 100% a *P. omnivorum*.

#### **Efectos de la Gobernadora Sobre *Eutypa armeniacae* (An: *Cytosporina sp.*).**

Velásquez (1981) menciona que la resina de Gobernadora que mejor efecto manifestó en estudios “*in vitro*” fue la fracción etanólica a dosis de 2,000 ppm obteniendo valores de cero a los 15 días después de la inoculación del hongo *Cytosporina sp.*, estado asexual de *Eutypa armeniacae* agente causal del brazo muerto

de la vid además de inhibir la germinación de ascosporas de *E. armeniacae* a la misma dosis con ambos extractantes (etanólica y clorofórmica).

### **Efectos de la Resina de Gobernadora Sobre *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*.**

El efecto de la Gobernadora también se han reportado sobre hongos del almacén productores de aflatoxinas, tal es el caso de *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, los mejores resultados se obtuvieron con los extractos obtenidos con diclorometano de Gobernadora que inhibió en 92% y 86% el crecimiento de estos hongos respectivamente a 500 ppm. Los extractos metanólicos tuvieron poco efecto sobre el crecimiento de ambos hongos (Vargas *et. al.*, 1997).

### **Efecto Bactericida y Bacteriostática de la Resina de Gobernadora.**

La resina de Gobernadora ha probado tener efectos bactericidas y bacteriostáticas a bajas dosis, como lo demuestra el trabajo de Velásquez (1983) al evaluar “*in vitro*” a las dosis de 250, 500, 1,000 y 2,000 ppm del extracto etanólico contra las bacterias fitopatógenas *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum*, sus resultados muestran que la resina de Gobernadora presenta un efecto selectivo contra las tres bacterias evaluadas, al no inhibir aún a dosis de 2,000 ppm el desarrollo de *E. amylovora*, mientras que para *E. atroseptica*, el crecimiento fue relativamente mínimo, no así a las otras tres dosis inferiores, además de manifestar una excelente acción bactericida contra *P. solanacearum* aún a la dosis mínima.

### **Efecto Nematicida de la Resina de Gobernadora.**

El efecto de la resina de Gobernadora como nematicida solo ha sido reportado por Huerta (1986) dando las siguientes conclusiones; en pruebas “*in vitro*”, la resina de Gobernadora mostró una inactivación de los nemátodos a los 27 minutos, mientras que

el testigo (agua) duró 3:30 horas. En las pruebas de campo se encontró que la resina de Gobernadora presenta una tendencia para actuar como nematicida, a la dosis de 100 ppm, sobre todo en los géneros *Tylenchus*, *Ditylenchus* y *Rhabditis*, dado 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 mismo autor deduce que este efecto se debe a que la resina se encuentra demasiada concentrada, 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.

### **Efecto de la Gobernadora como Insecticida.**

El efecto benéfico de *Larrea* contra el ataque de los insectos en granos también ha sido documentado. Cortéz *et. al.* (1993) demostraron que hojas molidas de Gobernadora aplicadas como polvo en granos de frijol tipo pinto que después se almacenaron, fueron protegidos contra el ataque del insecto *Zabrotes subfasciatus*.

## 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 2001 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 1619 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. Siendo los meses más lluviosos de julio a septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de julio. La evaporación promedio mensual es de 179 mm, registrándose la más alta en los meses de mayo y julio con 236 y 234 mm respectivamente (García, 1987).

#### **Suelo.**

El suelo del campo experimental del CIQA es de origen aluvial, textura arcillo-limosa en el estrato 0-30 cm y arcilloso en la capa 30-60 cm de perfil. Gómez (1994) reporta que el pH del suelo es de 8.1 clasificándose como un suelo medianamente alcalino, con un contenido porcentual de materia orgánica de 2.38, lo que lo hace

medianamente rico. Presenta una conductividad eléctrica de 3.7 milimhos por cm, significando esto que el suelo es ligeramente salino.

Aviña (1995) reporta que la capacidad de campo para los estratos de 0-20 cm y de 20-40 cm es de 28%, el punto de marchitez permanente para ambos estratos es de 15.22%, mientras que la densidad aparente para ambos estratos es de 1.26 g/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 *Larrea tridentata* para provocar un efecto de biofumigación en las poblaciones de hongos y algas fitopatógenas y su repercusión en el desarrollo del daño radicular en el cultivo de chile.

Se estableció una parcela experimental de 1248 m<sup>2</sup> arregladas en dos bloques grandes que constituyó el factor A, solarización; en cada bloque se distribuyeron al azar los tratamientos de resina con sus repeticiones que formaron el factor B. Cada unidad experimental contó con 3 camas a doble hilera de 4 m de largo cada una.

### **Diseño Experimental.**

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

### **Variables Evaluadas.**

Las variables evaluadas fueron:

- Temperatura del suelo.
- Número de unidades formadores de colonia por especie de hongo u alga fitopatógena.
- Incidencia y Severidad del daño radicular.

### **Análisis Estadístico.**

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

## **Obtención de la Resina de Gobernadora**

### **Colecta del Follaje.**

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

### **Secado del Material Vegetativo.**

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

### **Cribado de Hojas Secas.**

El material ya secado en la estufa se defolió y se cribó con una malla metálica con orificios de 0.5 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 en volumen suficiente y poder realizar los trabajos en campo, se utilizó la técnica de extracción de la resina por inmersión del follaje seco y cribado con etanol como solvente; por lo que se introdujo el follaje de Gobernadora en cubetas de 20 l en las que se agregó el solvente en la cantidad suficiente hasta que cubriera totalmente las hojas trituradas, dejando reposar el material vegetativo dentro del solvente durante 24 h, posteriormente se separó el follaje de *Larrea* de cada uno de los solventes, en los cuales se encontraba disuelta la resina. La separación del material vegetativo de el solvente se hizo a través de una bomba de vacío, esto nos permitió dejar únicamente el licor con el solvente que se después se llevaría al proceso de destilación por evaporación.

### **Evaporación del Solvente.**

Una vez separado el follaje del solvente que contenía la resina, se procedió a la determinación del porcentaje de sólidos en una balanza de determinación de humedad, luego se procedió a la separación del solvente de la resina y el licor obtenido se colocó en un matraz bola de 3 l al que se acopló a un refrigerante de vidrio recto y

posteriormente se le aplicó una temperatura en el rango de 50 a 60 °C, para finalmente separar el solvente mediante evaporación.

### **Secado y Molienda de la Resina.**

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

## **Establecimiento de la Parcela Experimental**

### **Preparación del Terreno.**

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

### **Incorporación de la Resina de Gobernadora.**

La resina hidrosoluble fue aplicada en polvo en una franja al centro de la cama, justo debajo donde se colocaría la cintilla, esto para permitir que al contacto con el agua de riego se difundiera la resina sobre el suelo, como los fertilizantes disueltos en el agua.

### **Instalación del Sistema de Riego y Colocación del Acolchado Plástico Transparente.**

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

### **Monitoreo de la Temperatura del Suelo**

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

### **Muestreo de Suelo para Hongos y Algas Fitopatógenas**

Se realizaron dos muestreos (antes y después del proceso de solarización), el primero fue un muestreo cruzado, donde se sacaron ocho muestras del perfil 0-20 cm con una barrena metálica en el centro de cada unidad experimental muestreada, procurando que las muestras tomadas fueran representativas de toda la parcela experimental, para lo cual se muestreó en los extremos y en el centro del terreno. Esto para monitorear la cantidad de inóculo inicial, midiendo el número de unidades formadoras de colonias por especie de hongo u alga. En el segundo muestreo, se tomaron muestras de cada una de las unidades experimentales, bajo el mismo

procedimiento. Cada muestra fue puesta en bolsas debidamente identificada y se mantuvieron en refrigeración a 4° antes de ser procesadas.

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

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Fitopatología del departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. La determinación de la carga patogénica expresada por el número de unidades formadoras de colonia por especie de hongo u alga fue hecha por la técnica de siembra de materia orgánica por kilogramo de suelo (Bossails y Schanen, 1959 citado por Singleton *et. al.*, 1992), dado que el método de diluciones de suelo (técnica modificada de Duveiller *et. al.*, 1997) realizado en dos muestras previas no se detectó la presencia de microorganismos fitopatógenos, debido a las condiciones de poca contaminación del suelo.

#### **Método de Siembra de Materia Orgánica del Suelo.**

Cada muestra de suelo se tamizó, molió y homogenizó. De la muestra homogenizada se pesaron 10 g de suelo en una balanza analítica y se extrajo toda la materia orgánica que presentara incluyendo raicillas de malezas y residuos vegetales a través de un microscopio estereoscópico y pinzas de disección. Esta materia orgánica se pesó y se paso a morteros de porcelana donde fue molida hasta quedar lo más fino posible.

Se prepararon medios de cultivo PDA y V8-agar en cajas Petri y la siembra se hizo por el método del salero, procurando distribuir homogéneamente la materia orgánica en cada caja Petri; el número de cajas Petri utilizadas dependió de la cantidad de materia orgánica de cada muestra, tanto para PDA como para V8-agar. Las cajas Petri fueron debidamente etiquetadas con los datos correspondientes. Todo el material y equipo usado fue previamente esterilizado, manteniendo total asepsia.

El conteo de unidades formadoras de colonia por especie de hongo u alga fitopatógena fueron hechas en base a 10 g de suelo de cada muestra homogenizada, estas cantidades fueron extrapoladas a un kilogramo. Este conteo se realizó a través de un microscopio estereoscópico marca Karl-Zeiss. Para la identificación de los microorganismos se realizaron preparaciones microscópicas de las diferentes colonias formadas en los medios de cultivos, apoyándose en las claves de Gilman (1971); Booth (1977); Nelson et. al. (1983); Burgess *et. al.* (1988); Hanlin (1990); Sneh *et. al.* (1991); Erwin y Ribeiro (1996); Rotem (1996) y Barnett y Hunter (1998).

### **Producción de Plántulas en Invernadero**

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

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

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

## **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 con plástico de polietileno coextruido plata-negro, manualmente. Posteriormente se perforó el plástico con un tubo caliente de 2” pulgadas de diámetro, cada 30 cm a doble hilera.

### **Trasplante.**

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

### **Riego y Fertilización.**

La fertirrigación se realizó a través de un inyector Venturi y sistema de riego por cintilla, cada tercer día, durante todo el ciclo de cultivo, por ocho horas diarias a una presión en la entrada de la parcela de 10 PSI. La fórmula de fertilización fue de 250-125-200-250 de N-P-K-Ca respectivamente por hectárea, con las fuentes: Nitrato de Potasio y Multi-NPK de Haifa, ácido fosfórico al 65% y Nitrato de Calcio; haciendo aplicaciones de micronutrientes cada 15 días durante la fructificación, a base principalmente de Magnesio, Hierro y Zinc, las fuentes fueron: Magnifer y Poliquel.

### **Control de Plagas.**

Se realizó un monitoreo constante para la detección de los arribos de los insectos y ácaros, así también de los inicios de los primeros síntomas de las enfermedades del chile. Tomando 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 y tomate *Leveillula taurica* (An: *Oidiopsis taurica*) cuando se presentara una mancha amarilla irregular por hoja en el 10% de follaje de cada planta aproximadamente, 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 A-2 del apéndice).

### **Cosecha.**

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

### **Colecta de Datos Sobre Epidemiología del Daño Radicular**

Se hicieron dos muestreos para determinar el desarrollo de los daños radiculares, el primero al primer corte (56 días después del trasplante) y el segundo, a 56 días después del primero.

Se extrajeron las raíces de 5 plantas por unidad experimental (20 plantas por tratamiento) con la ayuda de una pala, navaja y pinzas de podar, procurando sacar lo más intacta posible el sistema radicular. De cada unidad experimental se tomaban las plantas de manera aleatoria, tratando de obtener una representación de toda la unidad (se elegían plantas en los extremos y principalmente en el centro).

Las raíces fueron puestas en bolsas individuales bien identificadas y se llevaron al laboratorio del CIQA, donde se lavaron con agua corriente hasta que quedaran totalmente limpias.

### **Incidencia.**

Una vez que las raíces de las plantas quedaron libres de suelo y residuos orgánicos, se observaron para determinar el número de plantas buenas o enfermas, considerándose así a aquellas que presentaran síntomas típicos de raíces amarillas y pardas; raíces leñosas (suberificadas); pardeamiento y destrucción de la corteza de la raíz, sólo el cilindro central subsiste a trozos; pequeñas lesiones necróticas, marrón oscuro a pardas y pardeamiento del cilindro central de la raíz, descartando aquellas debidas a asfixia radicular, exceso de salinidad, daños mecánicos o daño por plagas de suelo o nematodos. Para esto se apoyó en la descripción de Blancard (1996) sobre alteraciones de las raíces. La proporción de plantas con raíces dañadas se expresó en porciento.

### **Severidad.**

Esta evaluación se realizó a través del peso de raíz dañada; para ello se obtuvo el peso total de la raíz en una balanza semianalítica y posteriormente se cortó cada sección de raíz dañada por hongos y algas fitopatógenas y se pesaba. Con estos datos se determinó el porciento en peso de raíz dañada.

Los datos fueron concentrados en una tabla, tomando los siguientes parámetros: Número de planta, peso total de raíz, peso de raíz dañada y porcentaje de daño radicular.

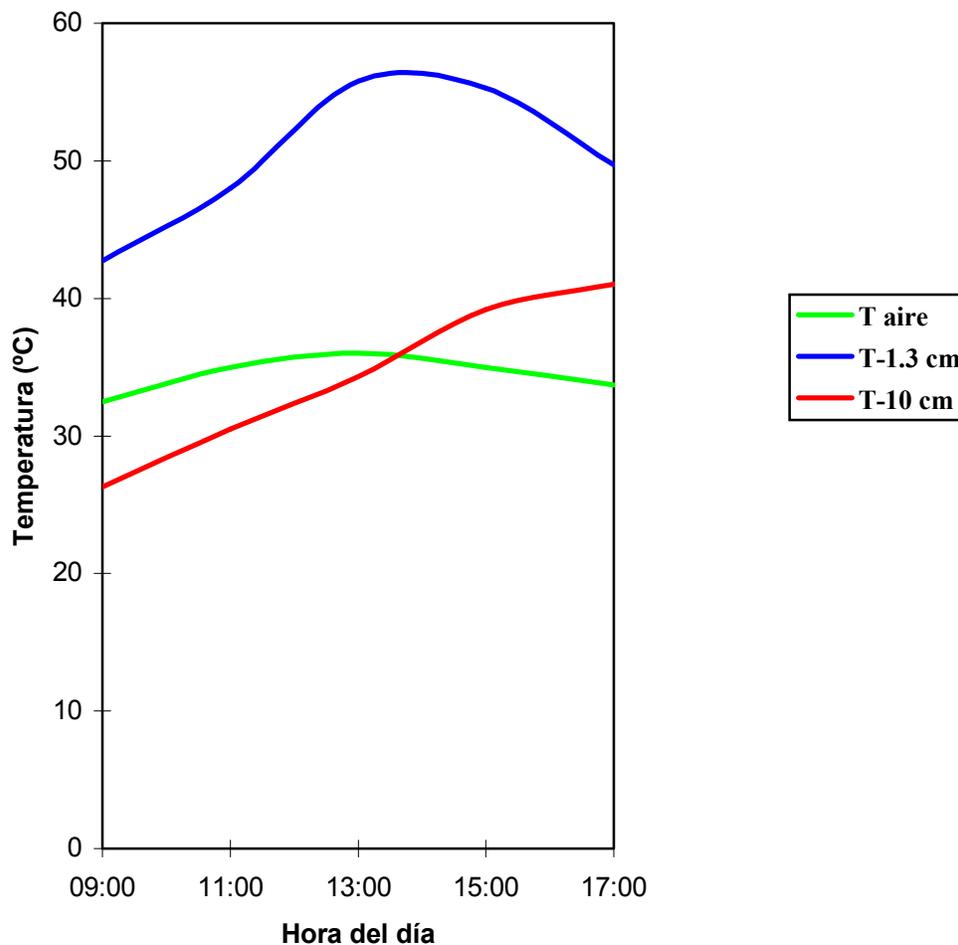
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Cuando la temperatura de la superficie del suelo empieza a disminuir al atardecer, la temperatura de las capas inferiores va aumentando hasta llegar a su pico máximo aproximadamente entre las 17:00 y 18:00 hrs. 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 valores de 55.8°C y 34.3°C en los estratos de 1.3 y 10 cm de profundidad respectivamente, detectándose al mismo tiempo una temperatura ambiente de 36°C, lo cual generó un diferencial de 21.3°C entre las dos profundidades y de 19.8°C entre la temperatura a 1.3 cm de profundidad en el suelo solarizado en comparación con la temperatura ambiente.



**Fig. 1.- Temperaturas registradas a diferentes profundidades en el día más caliente (Mayo 18) durante el período de solarización.**

Durante el período de solarización iniciado en la primavera a partir del 28 de Marzo hasta el 20 de Mayo, se detectó una fluctuación en las temperaturas máximas, registrándose que los días más calientes se presentaron en el tercio final (Figura. 2). En esta misma Figura también 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.

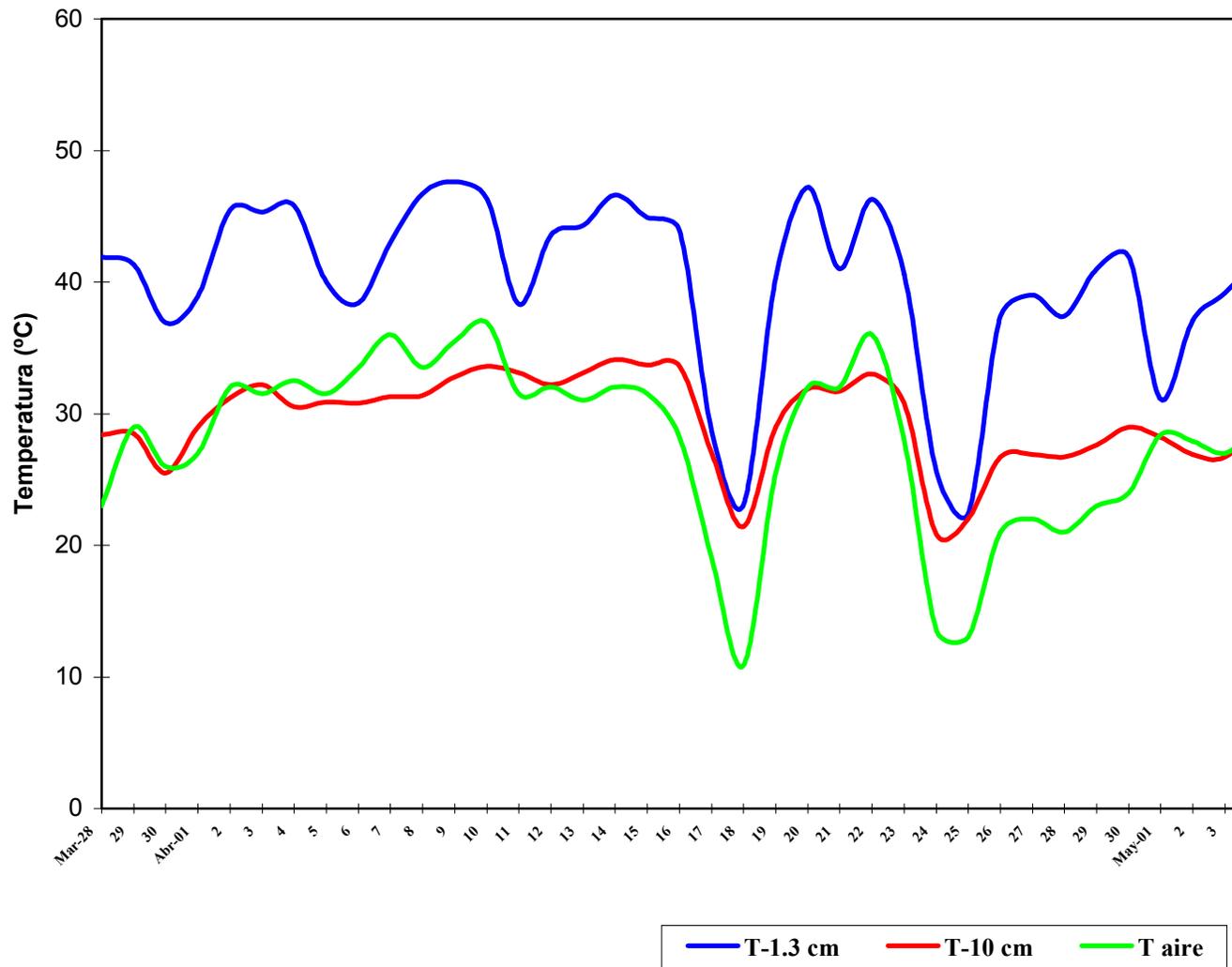


Fig. 2 .-Temperatura del aire a las 13:00 hrs. durante el período de solarización y a 1.3 y

**Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora en las Poblaciones de Hongos y Algas Fitopatógenas del Suelo.**

**Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora Sobre *Fusarium solani*.**

De acuerdo con la información obtenida y presentada en el Cuadro 4, la temperatura generada en el suelo con los tratamientos de la solarización y el efecto antifúngico debido a la incorporación de resina de Gobernadora al suelo no lograron eliminar el inóculo inicial de *F. solani*.

En este mismo Cuadro, se comparan los datos sobre UFC iniciales con los obtenidos después de los tratamientos; aquí podemos apreciar que en todos los tratamientos se incrementaron las UFC, incluso en las parcelas solarizadas. Sin embargo, en la Figura 3 se observa que el nivel en que lo hacen, varía según el tratamiento, detectándose que para el factor A (solarización), existe una diferencia estadística altamente significativa, al nivel de 0.05.

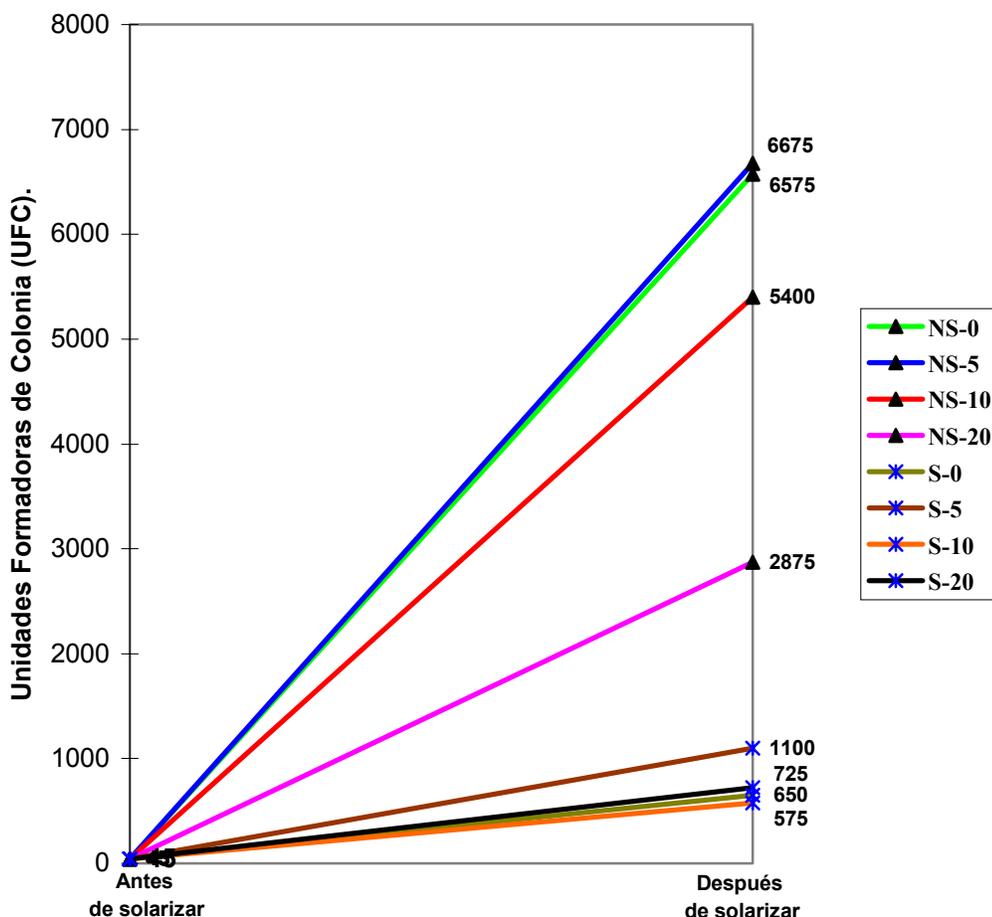
**Cuadro 3.- Comparación de medias de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de *Fusarium solani* en función de solarización y dosis de resina de Gobernadora.**

| SOLARIZACIÓN<br>(FACTOR A)  | UFC*<br>(Conteo inicial) | DOSIS DE RESINA DE GOBERNADORA<br>(FACTOR B)<br>UFC (Conteo final) |        |         |         | FACTOR:A<br>(MEDIA) |
|-----------------------------|--------------------------|--|--------|---------|---------|---------------------|
|                             |                          | 0kg/ha   | 5kg/ha | 10kg/ha | 20kg/ha |                     |
| <b>NO SOLARIZADO</b>        | <b>45</b>                | 6575   | 6675   | 5400    | 2875    | <b>5381.25 a</b>    |
| <b>SOLARIZADO</b>           | <b>45</b>                | 650  | 1100   | 575     | 725     | <b>762.50 b</b>     |
| <b>FACTOR B<br/>(MEDIA)</b> | <b>45</b>                | 3612.5   | 3887.5 | 2987.5  | 1800    |                     |
| <b>DMS<sub>0.05</sub></b>   |                          | NS   | NS     | NS      | NS      | 2492.5747**         |

**C.V.= 110.34%**

\* en un kg de suelo.

Es importante destacar que en los tratamientos no solarizados las UFC se incrementaron en un 700% con respecto a los solarizados (Cuadro 4), lo cual indica que las temperaturas alcanzadas por el efecto de la solarización si tuvieron un efecto limitante en la propagación de este hongo.



**Fig. 3.- Número de unidades formadoras de colonia de *Fusarium solani* con solarización y dosis de resina de Gobernadora**

En cuanto a las dosis de resina de Gobernadora que representaron el factor B en el estudio, los datos colectados sobre UFC no presentaron consistencia, ni significancia estadística, sin embargo, en el Cuadro 4 se aprecia que a medida que aumentan las dosis de resina, disminuyen en promedio los conteos finales de UFC, ya que con la dosis de 20 kg/ha de resina hubo 1,800 UFC en comparación con el testigo, que presentó 3613 UFC,

lo cual representó un incremento del 100% en la cantidad de inóculo en las parcelas donde no se aplicó al suelo la resina de Gobernadora.

En cuanto a la interacción de dosis de resina por solarización, los resultados obtenidos indican que no tuvieron un efecto sobre *F. solani*, por lo que aparentemente no se provocó un sinergismo entre estos dos factores. Trabajos previos sobre solarización en campo (Castro y Dávalos, 1989) y bioensayos en el laboratorio con resinas de Gobernadora han reportado que las especies de *Fusarium* son muy tolerantes a las temperaturas altas del suelo y a concentraciones elevadas de resina de Gobernadora (Guzmán, 2001).

*Fusarium solani* es un hongo que se encuentra preferentemente distribuido en las zonas templadas de todo el mundo, sus óptimos térmicos del suelo para el desarrollo de la enfermedad conocida como pudrición del cuello, caída de plántula o damping-off es de entre 26 a 28°C (Smith *et. al.*, 1992). Los resultados obtenidos en este trabajo, sugieren que *F. solani* fue sensible a las altas temperaturas alcanzadas en la solarización de suelos (55.8°C).

#### **Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora Sobre *Pythium sp.***

En el caso de la alga *Pythium sp.* los resultados obtenidos y presentados en el Cuadro 5, muestran que a pesar de no haber una consistencia en los datos en relación con el efecto de solarización y dosis de resina de Gobernadora y no haber significancia estadística para cualquiera de los dos factores, si hay una reducción en las UFC iniciales, ya que de 17 UFC presentes antes de solarizar se redujeron a cero en casi todas las parcelas solarizadas.

Esto se debe a que esta alga estuvo presente antes de iniciar el proceso de solarización en seis de las ocho muestras de suelo colectadas (lo cual representa una presencia del 75%), (ver Cuadro 3 del apéndice), y que al finalizar el período de solarización con la incorporación de la resina de Gobernadora, solo en tres de los ocho

tratamientos se reportó *Pythium sp.*, y en los cinco restantes fue eliminado por completo (Cuadro 5).

**Cuadro 4.- Comparación de medias de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de *Pythium sp.* bajo solarización y dosis de resina de Gobernadora.**

| SOLARIZACIÓN<br>FACTOR A  | UFC<br>inicial<br>1 kg de<br>suelo | DOSIS DE RESINA DE<br>GOBERNADORA<br>FACTOR B<br>UFC final |        |         |         | MEDIAS<br>DEL<br>FACTOR<br>A |
|---------------------------|------------------------------------|--|--------|---------|---------|------------------------------|
|                           |                                    | 0kg/ha   | 5kg/ha | 10kg/ha | 20kg/ha |                              |
| NO SOLARIZADO             | 17                                 | 0  | 125    | 0       | 25      | 18.75 NS                     |
| SOLARIZADO                | 17                                 | 0  | 0      | 0       | 75      | 37.5 NS                      |
| MEDIAS DEL<br>FACTOR<br>B | 17                                 | 0  | 62.5   | 0       | 50      |                              |
| DMS <sub>0.05</sub>       |                                    | NS   | NS     | NS      | NS      |                              |

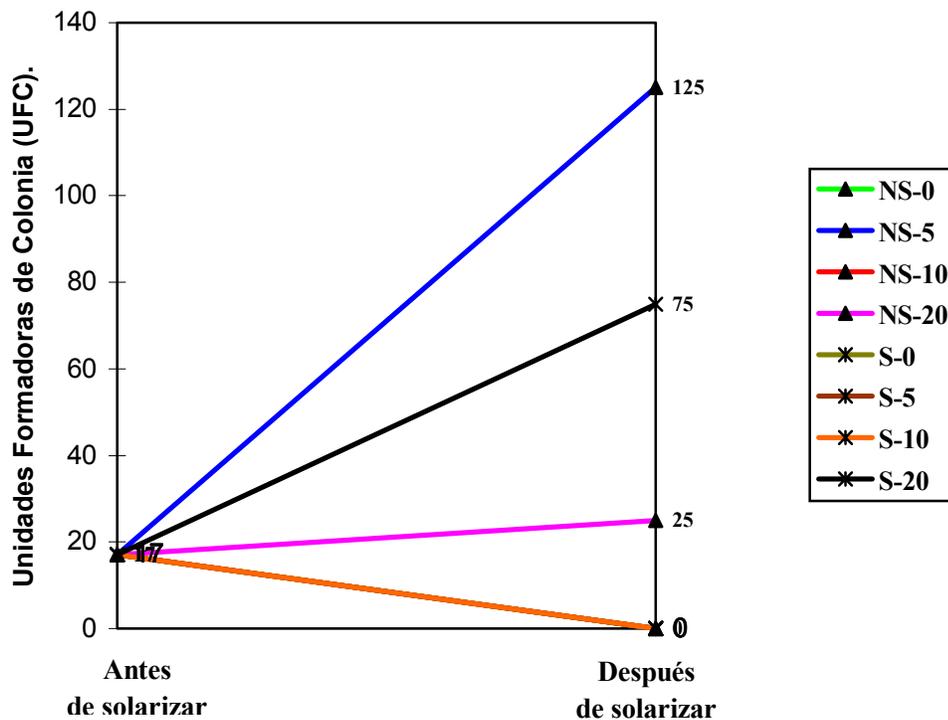
C.V.= 294.49%.

Si analizamos el origen de los valores donde el alga no fue eliminada después de la solarización, podemos decir que éstos se obtuvieron del promedio de las cuatro repeticiones sin que *Pythium sp.* estuviera presente en todas ellas, así tenemos que para los tratamientos de 20 kg/ha de resina, sólo en una repetición apareció y para el tratamiento de 5 kg/ha de resina, sólo dos repeticiones lo presentaron. Estos nos indica que son valores que no representan el efecto real de los tratamientos aplicados, que por alguna razón escaparon a ella. Es por esto que el coeficiente de variación (C.V.) es muy alto, (ver Cuadro 4 del apéndice).

Muy probablemente esto se haya debido a que la resina no se distribuyó uniformemente en el suelo, o que, como se observó durante el período de solarización donde el suelo no estuvo bien preparado por presentar irregularidades en la superficie o terrones que no permitieron que el plástico quedará en total contacto con el suelo húmedo, o al no estar bien sellado el acolchado plástico en sus orillas (que frecuentemente son errores que se cometen al solarizar suelos), permitió el crecimiento de plántulas de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) que hayan sido hospederas alternantes de esta alga en sus raíces y permitiera su supervivencia, De acuerdo a Smith *et al.* (1992)

las diferentes especies de *Pythium* son consideradas polífagas y están presentes en una gran diversidad de malezas.

Estos resultados concuerdan con los trabajos realizados por Balvantín (2001) donde evaluó bajo condiciones *in vitro* el efecto fungicida de la resina de Gobernadora sobre esta alga y donde menciona que *Pythium sp.* es afectado negativamente por las concentraciones de resina. Así como con Pullman *et al.* (1981) donde indica que *Pythium sp.* es drásticamente reducido con la solarización, (Figura 4).

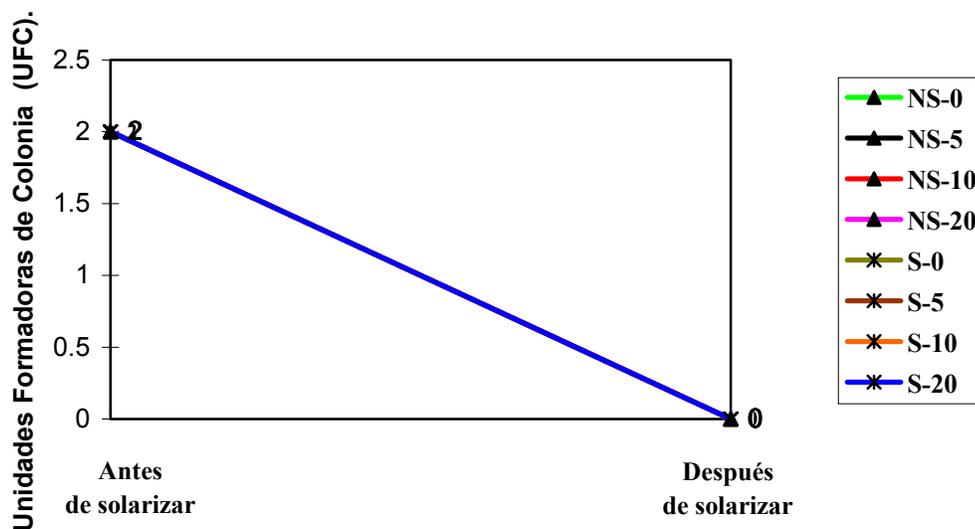


**Fig. 4 .- Unidades formadoras de colonia de *Pythium sp.* bajo solarización y dosis de resina de gobernadora.**

El efecto que tiene la solarización sobre las especies de *Pythium* muy probablemente se debe a que esta alga requiere para su propagación e infección, en el caso del grupo *ultimum*, de alta humedad y temperaturas frescas del suelo del rango de 10 a 15°C, y de temperaturas por encima de 25°C para el grupo *aphanidermathum* presente principalmente en zonas tropicales y subtropicales. Además de que responde drásticamente en su densidad poblacional a cambios en las condiciones para su crecimiento, como lo señala Smith *et. al.* (1992).

**Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora Sobre *Rhizoctonia solani*.**

La información obtenida y presentada gráficamente en la Figura 5 indica que las poblaciones de *R. solani* fueron eliminadas en un 100% con la combinación de los dos factores estudiados, a pesar de que el inóculo inicial fuera muy bajo (2 UFC/kg de suelo), ya que no se encontró en ninguna de las muestras analizadas después del tratamiento de biofumigación. 2001).



**Fig. 5.- Unidades formadoras de colonia de *Rhizoctonia solani* bajo solarización y dosis de resina de gobernadora.**

Resultados similares han sido reportados en trabajos por diversos autores, los cuales demuestran que *R. solani* es muy susceptible a la solarización (Pullman, 1979; Guzmán, 1990 y Ascencio, 2001). Por otro lado, trabajos de investigación *in vitro* también han demostrado que este hongo es muy susceptible a la resina de Gobernadora aún a dosis bajas. (Fernández *et. al.*, 1979; Garza, 1996 y Guzmán, 2001).

De las ocho muestras de suelo analizadas antes de los tratamientos de solarización y dosis de resina de Gobernadora, solo en cuatro de ellas estuvo presente *R. solani* (lo cual representa una presencia del 50%), con 2 UFC por kilogramo de suelo como promedio. Esta cantidad de inóculo tan pequeña que se encontró, muy probablemente se haya debido a que el suelo donde se estableció la parcela experimental tenía tres meses sin trabajar, además de que la toma de muestras se realizó después del período invernal estando el suelo desnudo y barbechado, esto propició que las poblaciones naturales de hongos y algas del suelo disminuyera drásticamente.

La literatura menciona que las condiciones de temperatura del suelo adecuadas para el crecimiento e infección de *Rhizoctonia solani* es de 12 a 20°C, esto indica que es un microorganismo principalmente de climas frescos, no estando adaptado para soportar temperaturas altas como las generadas con la solarización, por lo tanto, un aumento en las temperaturas del suelo provoca una deshidratación de las hifas y consecuentemente una muerte del mismo (Smith *et. al.*, 1992).

### **Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora en las Poblaciones de Hongos Saprofitos del Suelo**

#### **Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora Sobre *Alternaria alternata*.**

Nuestros resultados indican que al igual que con el hongo *F. solani*, el período de solarización durante la primavera (Abril-Mayo) no fue la más adecuada para reducir el

inóculo inicial de *A. alternata*, ya que este fitopatógeno en lugar de ser eliminado se incrementó exponencialmente durante el período de estudio (Cuadro 6).

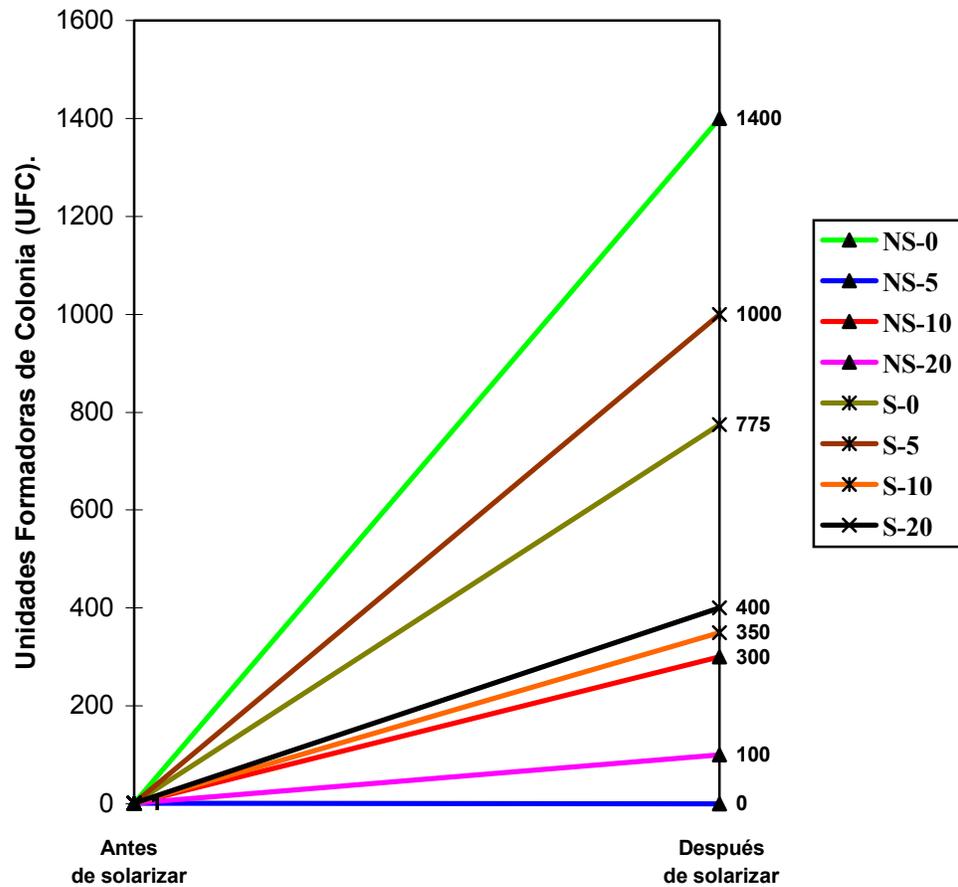
En relación con el factor A (solarización), los resultados son inconsistentes ya que no reportan significancia estadística, dado que al comparar las medias encontramos que para el suelo solarizado había después del tratamiento 631 UFC de *A. alternata* en comparación con 450 UFC encontradas en el testigo no solarizado.

**Cuadro 5.- Comparación de medias de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de *Alternaria alternata* con solarización y dosis de resina de Gobernadora.**

| SOLARIZACIÓN<br>FACTOR A  | UFC<br>inicial<br>1 kg de<br>suelo | DOSIS DE RESINA DE<br>GOBERNADORA<br>FACTOR B<br>UFC final |        |         |         | MEDIAS<br>DEL<br>FACTOR<br>A |
|---------------------------|------------------------------------|--|--------|---------|---------|------------------------------|
|                           |                                    | 0kg/ha   | 5kg/ha | 10kg/ha | 20kg/ha |                              |
| NO SOLARIZADO             | 1                                  | 1400   | 0      | 300     | 100     | 450 NS                       |
| SOLARIZADO                | 1                                  | 775  | 1000   | 350     | 400     | 631.25 NS                    |
| MEDIAS DEL<br>FACTOR<br>B | 1                                  | 1087   | 500    | 325     | 250     |                              |
| DMS <sub>0.05</sub>       |                                    | NS   | NS     | NS      | NS      |                              |

**C.V.= 132.94%**

En relación con el factor B (kg/ha de resina de Gobernadora) la información nos muestra que a pesar de no haber diferencias significativas entre los tratamientos, se debe hacer notar que conforme aumentan las dosis de resina las UFC disminuyen, ya que en el testigo la cantidad de inóculo aumentó a 1087 UFC de *A. alternata* en comparación con el tratamiento de 20 kg/ha de resina de Gobernadora que solo reportó 250 UFC. Estos datos son indicadores de que este hongo no fue afectado por las temperaturas generadas con la solarización, sin embargo sí fue afectado negativamente por la resina de la Gobernadora incorporada al suelo.



**Fig. 6.- Unidades formadoras de colonia de *Alternaria alternata* con solarización y dosis de resina de gobernadora.**

**Efecto de la Solarización y la Resina de Gobernadora en el Inóculo de Hongos y Algas Presentes en el Suelo y su Relación con la Epidemiología del Daño Radicular**

**Sensibilidad de los Hongos y Algas de Suelo a la Solarización y Resina de Gobernadora.**

De los hongos y algas de suelo analizados anteriormente, podemos decir que éstos difieren en su sensibilidad a la solarización y dosis de resina de Gobernadora, así

se puede ver en la Figura 7, donde con el tratamiento de solarización con 10 kg/ha de resina que fue uno de los mejores combinaciones encontradas en este trabajo, *Rhizoctonia solani* y *Pythium sp.* fueron los más sensibles a la solarización y resina de Gobernadora, al ser eliminados por completo después de los tratamientos; sin embargo, *Fusarium solani* y *Alternaria alternata* presentaron mayor tolerancia a estos dos factores.

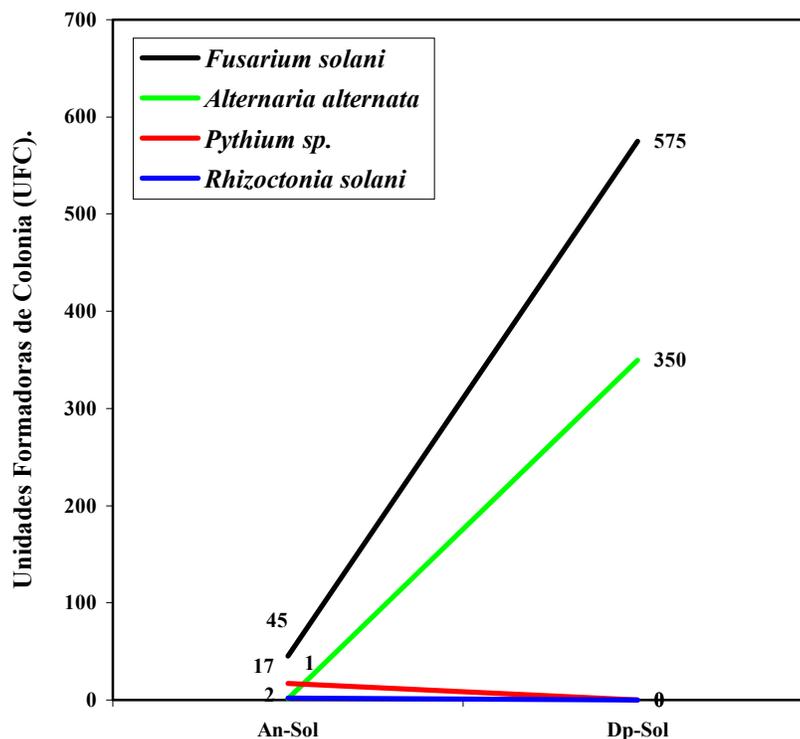


Fig. 7. Sensibilidad de los diferentes hongos y algas presentes en las muestras de suelo a la solarización con 10 kg/ha de resina de Gobernadora, antes (An-Sol) y después de la solarización (Dp-Sol).

### Efecto de la Solarización y la Resina de Gobernadora en el Inóculo Total de Hongos y Algas de Suelo.

Analizando los valores totales de inóculo presente en el suelo de los hongos y algas: *Fusarium solani*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani* y *Alternaria alternata* que

causan problemas en la raíz, encontramos que existe una diferencia en cuanto a las UFC presentes según el tratamiento (ver Cuadro 4 del apéndice).

De acuerdo a la información presentada en el cuadro 7, existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al factor solarización, así tenemos que para el caso de suelo solarizado el rango se sitúa entre los 950 a 2100 UFC en comparación del no solarizado que fue 3000 a 7975 UFC, incrementándose un 840% con respecto al solarizado, esta efecto también se puede observar el la figura 8.

**Cuadro 6.- Comparación de medias del inóculo total de los hongos y algas presentes en el suelo con solarización y dosis de resina de Gobernadora.**

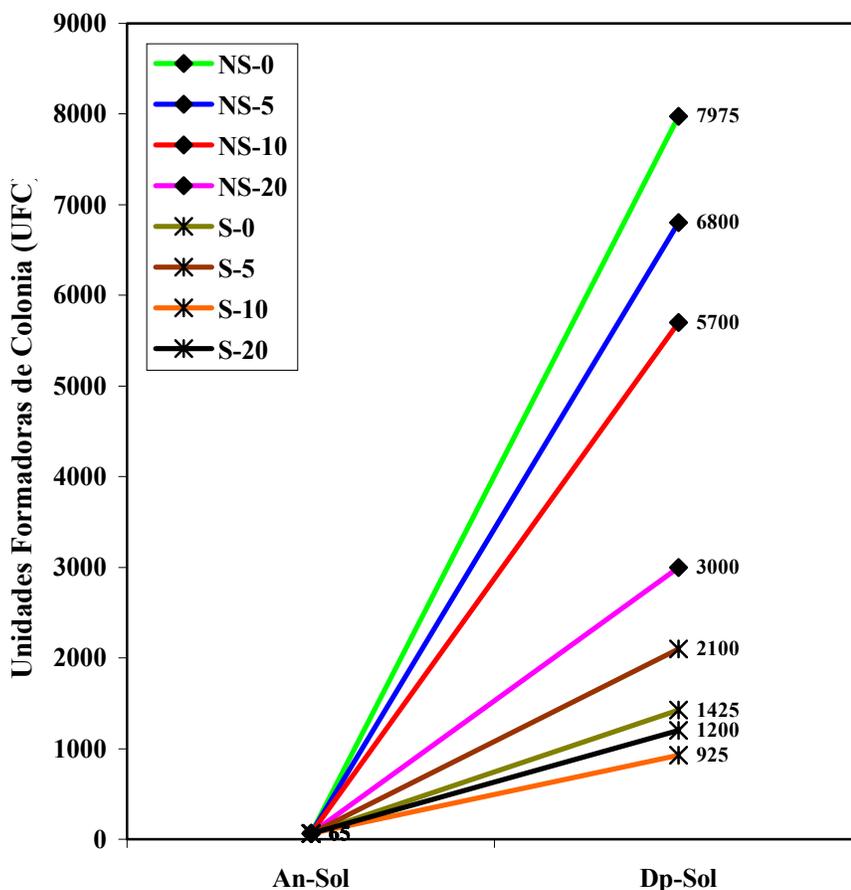
| SOLARIZACIÓN<br>(FACTOR A)  | UFC*<br>(Conteo inicial) | DOSIS DE RESINA DE GOBERNADORA<br>(FACTOR B)<br>UFC (Conteo final) |        |         |         | FACTOR:A<br>(MEDIA) |
|-----------------------------|--------------------------|--|--------|---------|---------|---------------------|
|                             |                          | 0kg/ha   | 5kg/ha | 10kg/ha | 20kg/ha |                     |
| <b>NO SOLARIZADO</b>        | <b>65</b>                | 7975   | 6800   | 5700    | 3000    | <b>5869 a</b>       |
| <b>SOLARIZADO</b>           | <b>65</b>                | 1525   | 2100   | 950     | 1200    | <b>1444 b</b>       |
| <b>FACTOR B<br/>(MEDIA)</b> | <b>65</b>                | 4750   | 4450   | 3325    | 2100    |                     |
| <b>DMS<sub>0,05</sub></b>   |                          | NS   | NS     | NS      | NS      | 2589.547**          |

**C.V.= 96.31%**

En cuanto a las dosis de resina aplicadas, en el cuadro 7 podemos observar que aunque no hubo diferencia estadística significativa, en el tratamiento no solarizado se presentó que con forme aumentaba la dosis de resina, disminuía la cantidad de inóculo, ya que en el suelo sin solarizar y con 20 kg/ha de resina se contabilizaron 3000 UFC, en comparación con 7975 UFC en el suelo donde no se aplicó la resina de Gobernadora. Esto representó un incremento del 266% en la cantidad de inóculo presente en el suelo.

En el suelo solarizado, los resultados parecen indicar que las dosis de resina de Gobernadora no tuvieron un efecto claro sobre la cantidad de inóculo total de los hongos y algas presentes en el suelo, por lo tanto, podemos decir que aparentemente no se produjo un sinergismo entre estos dos factores. observándose que cada factor presenta mejores efectos cuando se aplica solo que combinado. Sin embargo, se sugiere seguir

estudiando este efecto con dosis más elevadas de resina de Gobernadora en campo (Figura 8).



**Fig 8. Valores totales de unidades formadoras de colonia de hongos y algas presentes en el suelo, en función de solarización y dosis de resina de Gobernadora, antes (An-Sol) y después de la solarización (Dp-Sol).**

### Efecto de la Solarización y Resina de Gobernadora en la Epidemiología del Daño Radicular.

#### **Incidencia.**

La incidencia del daño radicular causado por hongos y algas fitopatógenas del suelo a los 56 días después del transplante (al primer corte de chile) fue de 54% para el

tratamiento sin solarizar y de 65% para el suelo solarizado no habiendo diferencia entre dosis de resina de Gobernadora. Para la segunda lectura, a los 112 días después del transplante (al sexto corte) la incidencia aumentó al 100% en todos los tratamientos.

### Severidad a los 56 días después del transplante.

La evaluación de la severidad del daño radicular en el primer corte, a los 56 días después del transplante, indica que no hubo diferencia estadísticamente significativa, como se puede observar en el Cuadro 8.

**Cuadro 7.- Comparación de medias (expresada en porciento del peso de raíz dañada) de los valores de severidad del daño radicular a los 56 días después del transplante de Chile.**

| SOLARIZACIÓN<br>(FACTOR A) | DOSIS DE RESINA DE GOBERNADORA<br>(FACTOR B) |        |         |         | FACTOR:A<br>(MEDIA) |
|----------------------------|--|--------|---------|---------|---------------------|
|                            | 0kg/ha                                       | 5kg/ha | 10kg/ha | 20kg/ha |                     |
| NO SOLARIZADO              | 0.73   | 0.47   | 1.19    | 1.21    | <b>0.9 NS</b>       |
| SOLARIZADO                 | 0.81   | 0.64   | 0.77    | 1.1     | <b>0.83 NS</b>      |
| FACTOR B<br>(MEDIA)        | 0.77   | 0.56   | 0.98    | 1.16    |                     |
| DMS <sub>0.05</sub>        | NS   | NS     | NS      | NS      |                     |

C.V.= 72.51%

La curva de progreso de la severidad del daño radicular creció lentamente considerando que en promedio sólo un 1% se presentó desde el día del transplante hasta esta fecha (Figura 9 y 10), ya que las plántulas estaban totalmente sanas al momento de salir del invernadero, este bajo daño muy probablemente se haya debido a que a la profundidad del suelo a la que se estableció el transplante (10 cm) la cantidad de inóculo era tan baja por el efecto de la solarización, además de que en la plántula existe un período de adaptación del sistema radicular al nuevo sustrato, donde hay pérdida de las mismas y producción de nuevas raicillas y pelos absorbentes colonizando las capas más profundas del suelo, Además de que las raíces que se conservan en el cepellón ya han suberizado, haciéndolas más resistentes al ataque de patógenos. También pudo ocurrir

que después de un proceso de solarización el tiempo de recolonización desde capas más profundas del suelo sea lento.

### Severidad a los 112 días después del transplante.

Para el segundo muestreo de severidad realizado a los 112 días después del transplante, los datos presentados en el cuadro 9 permiten ver que para el factor solarización existe una diferencia estadísticamente significativa, observándose que las raíces de las plantas de chile que se desarrollaron en el suelo no solarizado presentaron un daño (expresado en porciento de raíz dañada) de 7.56% en comparación con el suelo solarizado donde fue de 3.45%, que representa un 120% de aumento en el daño.

**Cuadro 8.- Comparación de medias (expresada en porciento del peso de raíz dañada) de los valores de severidad del daño radicular a los 112 días después del transplante de chile.**

| SOLARIZACIÓN<br>(FACTOR A)  | DOSIS DE RESINA DE GOBERNADORA<br>(FACTOR B)<br>UFC (Conteo final) |          |          |          | FACTOR:A<br>(MEDIA)           |
|-----------------------------|--|----------|----------|----------|-------------------------------|
|                             | 0kg/ha   | 5kg/ha   | 10kg/ha  | 20kg/ha  |                               |
| <b>NO SOLARIZADO</b>        | 12.59  | 5.54     | 6.13     | 5.96     | <b>7.56 a</b>                 |
| <b>SOLARIZADO</b>           | 5.2  | 3.52     | 2.84     | 2.22     | <b>3.45 b</b>                 |
| <b>FACTOR B<br/>(MEDIA)</b> | 8.9  | 4.53     | 4.49     | 4.09     |                               |
| <b>DMS<sub>0.05</sub></b>   | <b>a</b>   | <b>b</b> | <b>b</b> | <b>b</b> | <b>A: 0.1366<br/>B:0.1931</b> |

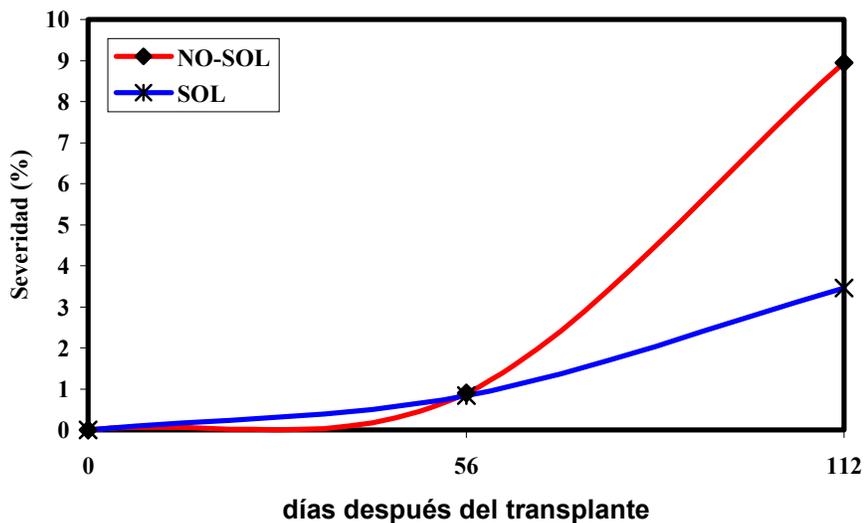
**C.V.= 25.15%**

Con lo que respecta a las dosis de resina de Gobernadora, observamos en el cuadro 9 que existe al igual que para el factor “solarización” una diferencia estadísticamente significativa, ya que el testigo donde no se aplicó la resina presentó un daño del 8.9%, un 103% más que donde se adicionó la resina, no encontrando diferencia entre la cantidad de resina aplicada.

El efecto que tuvo la solarización al limitar la propagación de los hongos y algas fitopatógenas del suelo (donde el suelo no solarizado presentó un incremento en la cantidad de inóculo total en un 840% con respecto al solarizado, y en cuanto a la resina

hubo un incremento del 266% en el suelo donde no se aplicó resina de Gobernadora con respecto al suelo donde se adicionó 20 kg/ha), se ve reflejado en la curva de progreso de la severidad del daño radicular, la cual se describe en la figura 9 y 10.

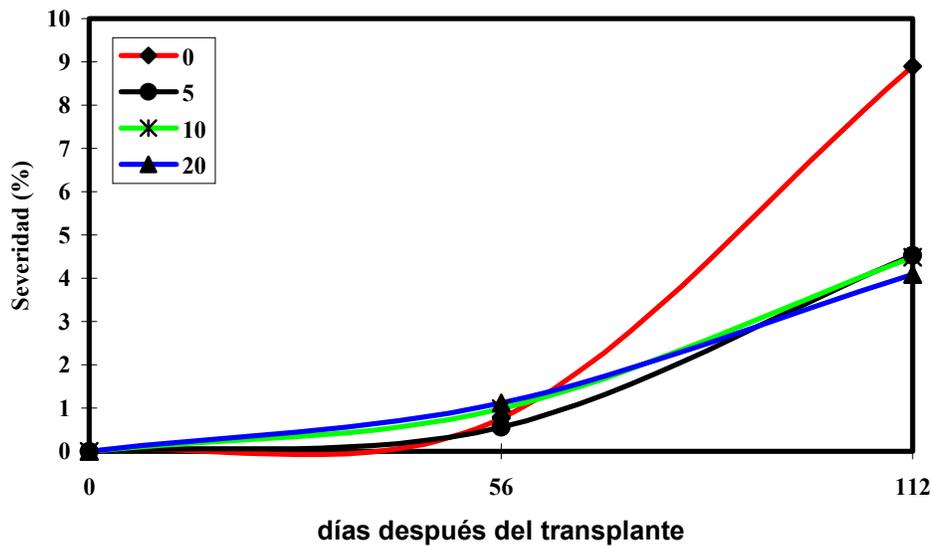
En la figura 9 se puede observar la curva de progreso de la severidad del daño radicular en función de la solarización, donde claramente se ve que en el suelo no solarizado el incremento es más pronunciado, con respecto al suelo donde fue solarizado. Además de que ambos se incrementan después del primer muestreo a los 56 días después del transplante, esto se debió a que al crecer las raíces en capas más profundas donde no hubo un efecto de solarización, las raicillas estuvieron expuestas al ataque de patógenos. Así se observó al evaluar este parámetro en el segundo muestreo, ya que el mayor daño se observaba en las puntas de las raíces, por debajo de los 20 cm del cuello de la planta.



**Fig. 9. Curva de progreso de severidad del daño radicular del cultivo de chile expresado en porcentaje de raíz dañada bajo solarización.**

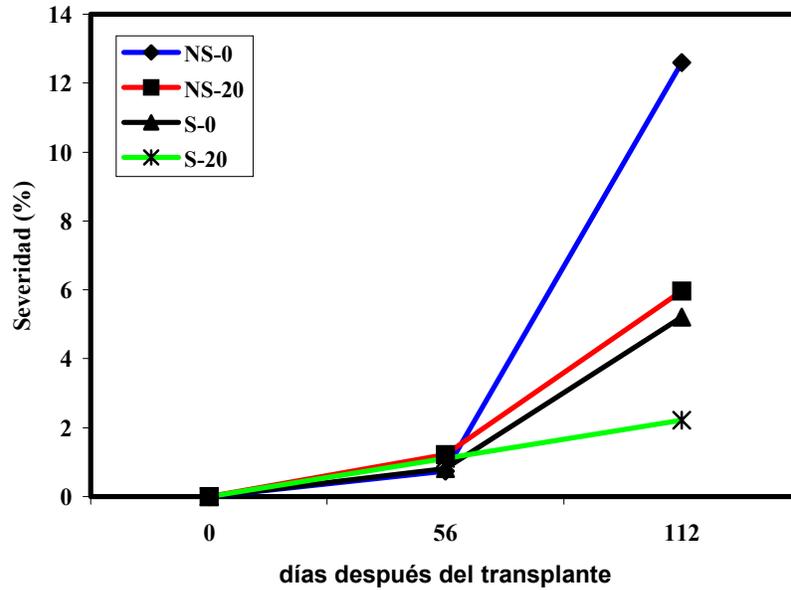
En cuanto a la resina de Gobernadora, en la figura 10 se describe la curva de progreso de la severidad del daño radicular bajo este factor, observándose el mismo comportamiento que en el factor solarización, ya que el testigo donde no se adicionó la

resina de Gobernadora sufre un mayor incremento a partir del primer muestreo a los 56 días después del trasplante, así también se puede hacer notar que no hay diferencias en el progreso del daño radicular entre los tratamientos donde se adicionó la resina.



**Fig 10. Curva de progreso de severidad del daño radicular del cultivo de chile expresado en porcentaje de raíz dañada bajo diferentes dosis de resina de Gobernadora.**

En cuanto a la interacción entre ambos factores, en la figura 11, se hace una comparación entre los tratamientos extremos estudiados en este trabajo, suelo solarizado con 0 y 20 kg/ha de resina y suelo sin solarizar con las mismas dosis de resina de Gobernadora. Nuevamente se observa que los dos factores influyen directamente en la severidad del daño radicular, ya que en el suelo solarizado con 20 kg/ha de resina aplicada presentó un 2.22% de daño, el suelo solarizado sin resina presenta un 5.2%, el suelo sin solarizar con 20 kg/ha de resina reporta un 5.96% y las raíces de chile donde el suelo no se solarizó y no se aplicó resina tuvieron un daño del 12.59%, esto representa un incremento en el daño de 467% con respecto al suelo solarizado con 20 kg/ha de resina de Gobernadora incorporada.



**Fig 11. Curva de progreso de severidad del daño radicular del cultivo de chile expresado en porcentaje en peso de raíz dañada bajo el tratamiento de solarización con 20 kg/ha de resina de Gobernadora y sus respectivos testigos.**

Con los resultados antes expuestos podemos mencionar que la cantidad de unidades formadoras de colonia presentes en el suelo de los hongos y algas fitopatógenas determinan el nivel de daño radical y que tanto la solarización como la incorporación de resina de Gobernadora ayudan a disminuir este daño.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados expuestos anteriormente y bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- Bajo las condiciones de Saltillo, Coah., las temperaturas alcanzadas durante el período de solarización comprendido del 1 de Abril al 20 de Mayo del 2001 no fueron las más adecuadas para provocar un efecto letal en los fitopatógenos del suelo.
- Los hongos y algas del suelo difieren en su sensibilidad a la solarización y resina de Gobernadora. La solarización no logró eliminar el inóculo inicial de *Fusarium solani* y *Alternaria alternata*, pero sí limitó su incremento. Sin embargo, *Pythium sp.* fue eliminado en la mayoría de los tratamientos y *Rhizoctonia solani* se eliminó en la totalidad de ellos.
- En cuanto a las dosis de resina de Gobernadora estudiados, a pesar de que no hubo diferencia estadística, las poblaciones de hongos y algas disminuyen conforme aumentan las dosis. Todo parece indicar según los resultados, que presenta un mejor efecto fungicida cuando se aplica solo que en combinación con solarización.
- Tanto la solarización como la adición de resina de Gobernadora logran reducir la severidad del daño radicular. Sin embargo, en cuanto a incidencia no se observa diferencia.

## LITERATURA CITADA

- Alexander, R. T. 1990. Proceedings of the Forty-Third New Zealand Weed and Pest Control Conference. p. 270-273.
- Ascencio, A. A. 2001. Uso de la solarización sobre las poblaciones de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.* en suelos cultivados con papa. Tesis de Maestría en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila (no publicada).
- Aviña, G. M. E. 1995. Fenología, fenometría y rendimiento en calabacita con acolchado plástico, cubiertas flotantes y ethrel. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo, Coahuila.
- Balvantín, G. G. F. 2001. 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 p. (en publicación).
- Barbour, M. G.; Cunningham, G.; Oechel, W. C. and Bomberg, S. A. 1997. Growth and development, form and function, In Heingiker, J. H. and Difeo, D. R. (Eds) Creosote bush: Biology and Chemistry of *Larrea* in New World Desert Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania p. 48-91.
- Barnett, H. L. y Hunter, B. B. 1998. Illustrated Genera of Imperfecti Fungi. APS PRESS. USA. 218 p.
- Barragán, T. J. L. 1981. Bioensayo de la actividad fungicida de la resina de Gobernadora *Larrea tridentata* Cov. sobre *Alternaria solani* (Ell. y G. Martín) L. R. Jones y Grout. Hojas desplegadas. Seminario. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (no publicado).
- Bertolino, R. 1999. Alternatives to methyl bromide for soil desinfestation. Colture-Protette. p. 28-63.

- Blancard, D. 1996. Enfermedades del tomate, observar identificar luchar. INRA-Ed. Mundi-Prensa. España. p. 73-83.
- Booth, C. 1977. Fusarium Laboratory Guide to the Identification of the Major Species. Commonwealth Mycological Institute. England. 58 p.
- Brinker, F. 1993/94. *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or Creosote Bush). British Journal of Phytotherapy, 3(1):10-31.
- Burgess, W. L.; Liddell, M. C.; Summerell, A. B. 1988. Laboratory Manual for Fusarium Research. University of Sydney. Australia. 156 p.
- Campos, L. E.; Mabry, T. J. y Tavison, S. F. 1979. Larrea. Serie El Desierto. Volumen 2. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)- Comisión Nacional de Zonas Áridas. Saltillo, Coah., México. 411 p.
- Castillo, M.; Moya, P.; Cantin, R.; Primo, J.; 1999. Insecticidal, anti-juvenil hormonem and fungicidal activities of organic extracts from different *Penicillium* species and their isolated active compounds. J. Agric. Food Chem. 47:2120-2124.
- Castro, F. J. y Dávalos, P. A. 1989. Control de la secadera de la fresa por medio de la solarización. XVI Cong. Nal. Soc. Mex. Fitop. p.125.
- Cortéz-Rocha, M. O.; Sanchez, M. R.; Garcia, S. G.; Villaescusa, M. M. and Cinco, M. F. J. 1993. Plant powders as stored grain protectants against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). Southwestern Entomologist 8(1):73-75.
- Cross, J.; Berrie, A. M.; Ryan, M. 1994. Progress toward integrated plant protection in strawberry production in the Uk. Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases 2:725-730.
- DeVay, J. E. 1995. Solarization: An enviroment-friendly technology for pest management. Arab Journal of Plant Protection. 13(2): 97-102.
- Duveiller, E.; Fucikovsky, L.; Klaus, R. 1997. The Bacterial Diseases of Wheat, Concept and Methods of Disease Management. CIMMYT. México. p. 36-39.

- 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. USA. 13 p.
- Erwin, C. D. y Ribeiro, K. O. 1996. Phytophthora Diseases Worldwide. APS PRESS. USA. 562 p.
- Fernández, S.; Hurtado, M. L. and Hernández, F. 1979. Fungicidal Components of Creosote Bush Resin. Advances in Pesticide Science Part 2. Press Oxford, USA. p. 351-355
- Gamliel, A. and Stapleton, J. J. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds envolved from solarized soil amended with cabbage residues. Phytopathology. 83: 899-905.
- García, E. R.; Cordobilla, P. M.; Vega, S. M. y Tlalpal, B. B. 1997. Alelopatía y control de enfermedades de la raíz en jitomate con la adición al suelo de Gobernadora (*Larrea tridentata*) C.P. Avances en la Investigación. p. 72-74.
- García, M. E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koopen (adaptada a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta Edición, México.
- Garza, L. J. G.; López, C. G. y González, R. V. 1996. Evaluación *in vitro* de la resina de Gobernadora (*Larrea tridentata*) contra *Rhizoctonia solani*, Patógeno de Papa. Informe de Investigación del Campo Experimental. Saltillo, INIFAP-SAGAR.
- Gilman, C. J. 1971. A Manual of Soil Fungi. Second edition. The Iowa State University Press. USA 450 p.
- Gnabre, J. N.; Brady, J. N.; Clanton, D. J. 1995. Inhibition of human immunodeficiency virus type I transcription and replication by DNA sequense-selective plant lignan. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 11239-43 p.
- Gómez, L. R. F. 1994. Efecto de las películas plásticas fotoselectivas para acolchado de suelos en calabacita *Cucúrbita pepo L. cv Zucchini Gray*. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista Saltillo, Coahuila.

- Grinstein, A.; Katan, J.; Abdul-Razik, A.; Zeidan, O.; and Elad, Y. 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* and weeds in peanuts by solar heating of the soil. Plant Disease Rep. 63: 1056-1059.
- Grinstein, A.; Orion, D.; Greenberger, A.; and Katan, J. 1979. Solar heating of the soil for the control of *Verticillium dahliae*, *Pratylenchus thornei* in potatoes soilborne. Plant Pathogens. Academic Press. USA. 431 p.
- Guzmán, G. L. 2001. Efecto funguicida de extractos etanólico y clorofórmico 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". Buenavista, Saltillo, Coahuila. (en publicación).
- Guzmán, V. y Escalante, R. E. 1990. Control de *Rhizoctonia solani* Jun mediante la solarización y bromuración en la arena de tezontle. Rev. Chapingo. 15:69-72
- Hanlin, T. R. 1990. Illustrated Genera of Ascomycetes. vol. I. APS Press. USA. 263 p.
- Hanlin, T. R. 1998. Illustrated Genera of Ascomycetes. vol. II. APS Press. USA. 258 p.
- Haroon and Ghaffar, A. 1982. Polyethylene mulching of soil to reduce viability of sclerotia of *Sclerotium oryzae*. Soil Biol. Biochem. 14: 203-206.
- 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 Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Jiménez, D. F. *et. al.*, 1989. Efecto de diferentes períodos de solarización sobre los microorganismos del suelo. XVI Cong. Nal. Soc. Mex. Fitop. 126 p.
- Juárez, J. C. *et. al.*, 1990. Sobrevivencia de los propágulos de tres especies de *Phytophthora* al efecto de la solarización del suelo. XVII Cong. Nal. Soc. Mex. Fitop. 110 p.
- Kassaby, F. Y. 1985. Soil Biol. Biochem. 17: 429-434.

- Katan, J. and DeVay, J. E. 1991. Soil Solarization. CRC Press. USA. 267 p.
- Katan, J. A.; Greenber A. H.; and Grinstein, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology*. 66: 638-688.
- Katan, J. A.; Rotem, I.; Finkel, Y.; and Daniel, J. 1980. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soilborne diseases in onions. *Phytoparasitica*. 8: 39-50.
- Lira, S. R. H.; Gamboa, A. R. y Villarreal, C. L. A. 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. pp F-58 Queretaro, Qro.15 al 18 de julio del 2001.
- Lira, S. R. H.; Gamboa, A. R. y Villarreal, C. L. A. 2001. Efecto de cuatro extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* sobre el desarrollo micelial de *Rhizoctonia solani Kühn*. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. p F-57 Queretaro, Qro.15 al 18 de julio del 2001.
- Montes-Belmont, R.; Cruz-Cruz, V.; Martínez-Martínez, G.; Sandoval-García, G.; García-Licona, R.; Zilch-Domínguez, S.; Bravo-Luna, L.; Bermúdez-Torres, K.; Flores-Moctezuma, H. E. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. análisis retrospectivo de investigaciones. *Rev. Mex. Fitop.* 18(2):125-131.
- Munro, O. D. *et. al.*, 1987. Avances de la investigación en el uso de plásticos en la producción de melón. INIFAP-CIFAP. Mich. CEFAPVA. 23 p.
- Narro, C. A. 1985. El acolchado de suelos, metodología y riego en el cultivo del chícharo. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista Saltillo, Coahuila.
- Nelson, E. P.; Toussoun, A. T.; Marasas, O. W. F. 1983. *Fusarium Species An Illustrated Manual for Identification*. The Pennsylvania State University Press. USA. 189 p.
- Nuez, F. V. *et. al.*, 1996. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Primera edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 607 p.

O'Neill, T. 1997. Soil Desinfestation Alternatives for Methyl Bromide. *Agronomist*. 1:4-6.

Papaseit, P.; Badiola, J.; Armengol, E. 1997. Los Plásticos y la Agricultura Plastics and Agriculture. Ediciones de Horticultura, S. L. España. 207 p.

Porter, I. J. and Merriman, P. P. 1982. Effects of solarization of soil on nematode and fungal pathogens at two sites in Victoria. *Soil Biol. Biochem.* 15: 39-44.

Productores de Hortalizas, 2001. Análisis de la producción de chiles y pimientos Meister Publishing. México. 7:24-26.

Pullman, G. S. *et. al.*, 1979. Control of soilborne fungal pathogens by plastic tarping of soil in: B shippers and W. Gams. Eds soilborne plant pathogens. Academic Press. London. p. 439-446.

Pullman, G. S. *et. al.*, 1981. Soil Solarization: Effect on *Verticillium* wilt of cotton and soilborne populations of *Verticillium dahlie*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani* and *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology*. 71: 954-959.

Pullman, G. S.; DeVay, J. E.; Weinhold, A. R. ; 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.

Rodríguez, R. E. 1980. Estudios del Efecto Inhibitorio de Extractos de Gobernadora *Larrea tridentata* Cov. en el Desarrollo del Hongo de la Pudrición Texana *Phymatotrichum omnivorum* Shear Duggar. Tesis de Maestría. ITESM 93 p.

Rotem, J. 1996. The Genus *Alternaria* Biology, Epidemiology and Pathogenicity. APS Press p. 16-23

Sakakibara, M.; Mabry, T. J. 1975. A New 8-Hydroxyflavonol from *Larrea tridentata*. *Phytochem.* 14:2097-98.

Salazar, H. F. J.; García, E. R. y Tlapal, B. B. 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. 2001. 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 p.

Singleton, L. L., Mihail, J. D. and Rush, C. M. 1992. Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi. The American Phytopathological Society APS Press. USA. 266 p.

Smith, I. M.; Dunez, J.; Phillips, D. H.; Lelliott, R. A; Archer, S. A. 1992. Manual de Enfermedades de las Plantas. Mundi-Prensa, España, 671 pp.

Sneh, B.; Burpee, L.; Ogoshi, A. 1991. Identification of Rhizoctonia Species. APS Press. USA. 133 p.

Stapleton, J. 1997. Soil Solarization : An Alternative Soil Desinfestation Strategy Come of Age. Sustainable Agriculture.9(3)7-9.

Stapleton, J. J.; Elmore, C. L. and DeVay, J. E. 2000. Solarization and biofumigation help disinfest soil. California Agriculture, 54(6):42-45.

Vargas, A. I.; Araujo, B. S. y Martínez T. M. A. 1997. Efecto de extractos de plantas sobre el crecimiento y producción de aflatoxinas de *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*. Revista Mexicana de Fitopatología, 5(2):90-95.

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 Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Velásquez, V. R. 1981. Evaluación de la actividad fungicida de la resina de Gobernadora sobre *Eutypa armeniacae* Hans & Carter . Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 51 p.

- Verástegui, M. A.; Sánchez C. A.; Heredia, N. L. y García, A. J. S. 1996. Antimicrobial activity of extracts of three mayor plants from the Chihuahuan desert. *Journal of Ethnopharmacology*. 52:175-177.
- Wheeler, W. B.; Kavar, N. S. 1997. Environmental hazard of Fumigants: The Need for safer Alternatives. *Arab Journal of Plant Protection*. 15(2):154-162.
- Yucel-S.; Pala- H.; Cali-S.; Erkilic-A.; y 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-1. - Susceptibilidad de diferentes especies de malezas a solarización del suelo.(Munro, 1987; Elmore *et. al.*, 1997).**

| Nombre común         | Nombre científico                     | Tipo de propagación | susceptibilidad |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Zacate pitillo       | <i>Ixophorus unisetus</i>             | Perenne             | ***             |
| Zacate grama         | <i>Cynodon dactylon(semilla)</i>      | Perenne             | **              |
| Verdolaga            | <i>Portulaca oleracea</i>             | anual de verano     | **              |
| Coquillo             | <i>Cyperus spp.</i>                   | Perenne             | *               |
| Quelite              | <i>Amaranthus spinosus</i>            | anual de verano     | ***             |
| Zacate pinto         | <i>Echinochloa colonum</i>            | anual               | ***             |
| Zacate panizo        | <i>Echinochloa crus-galli</i>         | anual               | ***             |
| Quelite              | <i>Amaranthus palmeri</i>             | anual de verano     | **              |
| Quelite              | <i>Amatanthus albus</i>               | anual de verano     | ***             |
| Quelite              | <i>Amaranthus retroflexus</i>         | anual               | ***             |
|                      | <i>Abutilon theophrasti</i>           |                     | **              |
|                      | <i>Avena fatua</i>                    | anual               | **              |
|                      | <i>Amsinckia douglasiana</i>          |                     | **              |
|                      | <i>Brassica nigra</i>                 | anual de invierno   | ***             |
|                      | <i>Capsella bursa-pastoris</i>        |                     | ***             |
| Quelite cenizo       | <i>Chenopodium album</i>              | anual de verano     | ***             |
|                      | <i>Claytonia perfoliata</i>           |                     |                 |
| Enredadera           | <i>Convolvulus arvensis (semilla)</i> | perenne             | **              |
| Cola de caballo      | <i>Conyza canadiensis</i>             | anual de verano     | ***             |
|                      | <i>Digitaria sanguinalis</i>          |                     | **              |
| Zacate pata de gallo | <i>Eleusine indica</i>                | anual de verano     | **              |
|                      | <i>Lamium amplexicaule</i>            |                     |                 |
| Quesitos             | <i>Malva parviflora</i>               | anual de verano     | **              |
|                      | <i>Orobanche ramosa</i>               |                     |                 |
|                      | <i>Oxalis pes-caprae</i>              | perenne de verano   | **              |
| Pasto azul           | <i>Poa annua</i>                      | anual de verano     | **              |
|                      | <i>Senecio vulgaris</i>               |                     |                 |
|                      | <i>Sida spinosa</i>                   |                     |                 |
| Hierba mora          | <i>Solanum nigrum</i>                 | anual de verano     | ***             |
|                      | <i>Solanum sarrachoides</i>           |                     |                 |
|                      | <i>Sonchus oleraceus</i>              |                     |                 |
| Zacate Johnson       | <i>Sorghum halepense (semilla)</i>    | perenne             | **              |
|                      | <i>Stellaria media</i>                |                     |                 |
|                      | <i>Trianthema portulacastrum</i>      |                     |                 |
| Abrojo; cadillo      | <i>Xanthium strumarium</i>            | anual de verano     | **              |
| Cualilla             | <i>Argytamia neomexicana</i>          |                     | ***             |
| Zacate cola de zorra | <i>Leptochloa filiformis</i>          |                     | *               |

|                        |                                  |  |     |
|------------------------|----------------------------------|--|-----|
| Golondrina rastrera    | <i>Euphorbia prostata</i>        |  | *** |
| Cuacha                 | <i>Kallstroemia máxima</i>       |  | *** |
| Hierba de arlomo       | <i>Boerhaavia erecta</i>         |  | *** |
| Golondrina erecta      | <i>Phyllanthus caroliniensis</i> |  | *** |
| Golondrina semi-erecta | <i>Euphorbia hirta</i>           |  | *** |

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

**Cuadro A-2.- Registro de las aplicaciones para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de chile.**

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

**Cuadro A-3. Composición de los hongos y algas presentes en las muestras de suelo durante el primer muestreo, antes de los tratamientos.**

| FITOPATÓGENO                | PARCELAS |    |    |    |    |     |    |    |           |
|-----------------------------|----------|----|----|----|----|-----|----|----|-----------|
|                             | 1        | 14 | 23 | 27 | 39 | 42  | 51 | 64 | PROMEDIO  |
| <i>Alternaria alternata</i> | 1        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1         |
| <i>Fusarium solani</i>      | 13       | 56 | 2  | 37 | 29 | 108 | 68 | 43 | 45        |
| <i>Pythium sp.</i>          | 9        | 27 | 0  | 0  | 14 | 5   | 50 | 27 | 17        |
| <i>Rhizoctonia solani</i>   | 2        | 2  | 1  | 7  | 0  | 0   | 0  | 0  | 2         |
| <b>INÓCULO TOTAL</b>        |          |    |    |    |    |     |    |    | <b>65</b> |

**Cuadro A-4. Valores totales de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) presentes en el suelo bajo tratamiento.**

| FITOPATÓGENO                | UFC inicial | NO SOLARIZADO                  |             |             |             | SOLARIZADO  |             |            |             |
|-----------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
|                             |             | kg/ha de resina de gobernadora |             |             |             |             |             |            |             |
|                             |             | 0                              | 5           | 10          | 20          | 0           | 5           | 10         | 20          |
| <i>Alternaria alternata</i> | 1           | 1600                           | 0           | 300         | 100         | 775         | 1000        | 350        | 400         |
| <i>F. solani</i>            | 45          | 6575                           | 6675        | 5400        | 2875        | 650         | 1100        | 575        | 725         |
| <i>Pythium sp.</i>          | 17          | 0                              | 125         | 0           | 25          | 0           | 0           | 0          | 75          |
| <i>Rhizoctonia solani</i>   | 2           | 0                              | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           |
| <b>INÓCULO TOTAL</b>        | <b>65</b>   | <b>8175</b>                    | <b>6800</b> | <b>5700</b> | <b>3000</b> | <b>1425</b> | <b>2100</b> | <b>925</b> | <b>1200</b> |

**Cuadro A-5 Análisis de varianza para las Unidades Formadoras de Colonia de *Fusarium solani*.**

| FV                  | GL | SC        | CM        | F       | P>F   |
|---------------------|----|-----------|-----------|---------|-------|
| <u>REPETICIONES</u> | 3  | 38230944  | 12743648  | 1.1093  | 0.368 |
| FACTOR A            | 1  | 170662816 | 170662816 | 14.8552 | 0.001 |
| FACTOR B            | 3  | 20658432  | 6886144   | 0.5994  | 0.626 |
| INTERACCIÓN         | 3  | 17515936  | 5838645   | 0.5082  | 0.685 |
| ERROR               | 21 | 241256480 | 11488404  |         |       |
| TOTAL               | 31 | 488324608 |           |         |       |

C.V. = 110.34%

Nivel de significancia al 0.05

**Cuadro A-6 Análisis de varianza para las Unidades Formadoras de Colonia de *Pythium sp.***

| FV                  | GL | SC       | CM        | F      | P>F   |
|---------------------|----|----------|-----------|--------|-------|
| <u>REPETICIONES</u> | 3  | 38437.5  | 12812.5   | 1.8677 | 0.165 |
| FACTOR A            | 1  | 2812.5   | 2812.5    | 0.41   | 0.535 |
| FACTOR B            | 3  | 25937.5  | 8645.833  | 1.2603 | 0.313 |
| INTERACCIÓN         | 3  | 33437.5  | 11145.833 | 1.6247 | 0.213 |
| ERROR               | 21 | 144062.5 | 6860.119  |        |       |
| TOTAL               | 31 | 244687.5 |           |        |       |

C.V. = 294.49%

Nivel de significancia al 0.05

**Cuadro A-7 Análisis de varianza para las Unidades Formadoras de Colonia de *Alternaria alternata*.**

| FV                  | GL | SC       | CM          | F      | P>F   |
|---------------------|----|----------|-------------|--------|-------|
| <u>REPETICIONES</u> | 3  | 7210938  | 2403646     | 4.6537 | 0.012 |
| FACTOR A            | 1  | 262813   | 262813      | 0.5088 | 0.51  |
| FACTOR B            | 3  | 3453438  | 1151146     | 2.2287 | 0.114 |
| INTERACCIÓN         | 3  | 2703437  | 901145.6875 | 1.7447 | 0.188 |
| ERROR               | 21 | 10846562 | 516502.9375 |        |       |
| TOTAL               | 31 | 24477188 |             |        |       |

C.V. = 132.94%

Nivel de significancia al 0.05

**Cuadro A-8 Análisis de varianza del inóculo total de hongos y algas de suelo.**

| FV                  | GL | SC        | CM        | F      | P>F   |
|---------------------|----|-----------|-----------|--------|-------|
| <u>REPETICIONES</u> | 3  | 25891264  | 8630421   | 0.696  | 0.568 |
| <b>FACTOR A</b>     | 1  | 156645056 | 156645056 | 12.633 | 0.002 |
| <b>FACTOR B</b>     | 3  | 34863744  | 11621248  | 0.9372 | 0.558 |
| <b>INTERACCIÓN</b>  | 3  | 22344960  | 7448320   | 0.6007 | 0.625 |
| <b>ERROR</b>        | 21 | 260393536 | 12399692  |        |       |
| <b>TOTAL</b>        | 31 | 500138560 |           |        |       |

C.V. = 96.31%

Nivel de significancia al 0.05

**Cuadro A-9 Análisis de varianza de los valores de severidad a los 56 días después del transplante.**

| FV                  | GL | SC       | CM       | F      | P>F   |
|---------------------|----|----------|----------|--------|-------|
| <u>REPETICIONES</u> | 3  | 0.085672 | 0.028557 | 0.9382 | 0.558 |
| <b>FACTOR A</b>     | 1  | 0.000174 | 0.000174 | 0.0057 | 0.939 |
| <b>FACTOR B</b>     | 3  | 0.084317 | 0.028106 | 0.9233 | 0.551 |
| <b>INTERACCIÓN</b>  | 3  | 0.022950 | 0.007650 | 0.2513 | 0.860 |
| <b>ERROR</b>        | 21 | 0.639230 | 0.030440 |        |       |
| <b>TOTAL</b>        | 31 | 0.832343 |          |        |       |

C.V. = 72.51%

Nivel de significancia al 0.05

**Cuadro A-10 Análisis de varianza de los valores de severidad a los 112 días del transplante.**

| FV                  | GL | SC       | CM       | F       | P>F   |
|---------------------|----|----------|----------|---------|-------|
| <u>REPETICIONES</u> | 3  | 0.282434 | 0.094145 | 2.7305  | 0.069 |
| <b>FACTOR A</b>     | 1  | 0.569956 | 0.569956 | 16.5307 | 0.001 |
| <b>FACTOR B</b>     | 3  | 0.399841 | 0.133280 | 3.8656  | 0.024 |
| <b>INTERACCIÓN</b>  | 3  | 0.065073 | 0.021691 | 0.6291  | 0.608 |
| <b>ERROR</b>        | 21 | 0.724052 | 0.034479 |         |       |
| <b>TOTAL</b>        | 31 | 2.041357 |          |         |       |

C.V. = 25.15%

Nivel de significancia al 0.05

