

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**Efecto de la Solarización y incorporación al Suelo de Resina de Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), en el Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* L.)**

**POR:**

**José Carmen Tapia Torres**

**TESIS**

**Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:  
INGENIERO EN AGROBIOLOGIA**

**Buenavista, Saltillo Coahuila, México**

**Junio del 2002**

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

**Efecto de la Solarización e Incorporación al Suelo de Resina de  
Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.) en el Crecimiento y Rendimiento del  
Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* L.)**

**TESIS**

Presentada por:

**José Carmen Tapia Torres**

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

**INGENIERO EN AGROBIOLOGIA**

Dr. Manuel de la Rosa Ibarra  
Presidente del Jurado Examinador (UAAAN)

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

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

BIOL. Miguel Agustín Carranza Pérez  
Sinodal suplente (UAAAN)

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2002

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 regional CONACYT-SIREYES y la Fundación Produce Coahuila A.C.

## DEDICATORIAS

Este trabajo de tesis esta dedicado:

A mis padres, José Manuel Tapia Hernández y Ma. Elena Torres Mendoza, por la valentía, sacrificio, lucha y entrega que hicieron para sacar adelante mis estudios, ya que todos sus esfuerzos fueron la inspiración para escalar y concluir mi carrera profesional, por todo mil gracias.

A mis abuelitos, José C. Tapia y Guadalupe Hernández, por haberme apoyado y por considerarme como un hijo.

A mis hermanos, Rene, Manuel y Omar por ser el ejemplo que siempre seguí y por todo el apoyo incondicional que me brindaron, con admiración y respeto gracias por ser mis hermanos.

A mi novia, Vicky por ser el pilar que me apoyo en todo momento, por su comprensión y cariño gracias.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar, por todo su apoyo, sus consejos, de quien aprendí mucho ya que fue de mucho impulso para concluir este trabajo de tesis y sobre todo por toda su atención que me brindo.

Al Dr. Manuel de la Rosa Ibarra, por su valiosa contribución en la asesoría y revisión del trabajo y por su apoyo brindado para presentar este trabajo de tesis.

Al Dr. José A. Villarreal, por su asesoría y sobre todo por ser muy buen maestro.

A Luis, Oscar, Rafa y Pancho, por haberme apoyado en el trabajo de campo y por todas sus aportaciones y sugerencias en la realización de este trabajo.

A Lupita, Carlos y Alejandra por todo su apoyo y confianza brindada y por ser muy buenas personas.

A mis amigos del grupo, Rocio, Gaby, Jessica, Marla, Daniela, Jesús, Rodolfo, Emilio, Jaime, Mariano, Gerardo, Wil, Carlos, J. Luis, Fernando, Roberto, Atilano y Eduardo.

A mis compañeros de casa, Manuel, José, Figueroa y Álvaro.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en Saltillo, Coahuila en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), durante el ciclo otoño-invierno 2001/2002, con el propósito de determinar la posible interacción entre tres tratamientos de solarización y tres dosis del extracto etanólico de resina de gobernadora, en la producción y partición de biomasa del cultivo de brócoli cv. Liberty. Los periodos de solarización fueron de 70, 40 y 0 días (testigo); las dosis de resina incorporadas al suelo fueron 40 kg/ha, 20 kg/ha y 0 kg/ha (testigo). Las plántulas de brócoli se trasplantaron a camas de 80 cm de ancho con doble hilera de plantas separadas a 30 cm; para la aplicación de los riegos y fertilizantes se utilizó un sistema de fertirrigación.

La solarización se realizó con una película de polietileno transparente de 35  $\mu$  micras durante el ciclo otoño-invierno, las temperaturas más altas durante el periodo de solarización se registraron a 1.5 cm de profundidad del suelo y las más bajas a los 15 cm de profundidad tanto para el suelo solarizado como para el no solarizado. El día 18 de Septiembre del 2002 se registró la temperatura más caliente del periodo de solarización, elevándose hasta los 50.1 °C a 1.5 cm de profundidad a las 15:00 horas; mientras que la temperatura más baja (18.7 °C) se registró el día 29 de Octubre en el tratamiento no solarizado a 15 cm de profundidad.

Para la determinación de materia seca y el área foliar, se hicieron cuatro muestreos durante el ciclo del cultivo, por lo que se sacaron tres plantas por unidad experimental, en cuatro repeticiones de las camas de siembra que no formaron parte de la parcela útil. Las plantas muestreadas se separaron en hojas, tallos pecíolos, raíces e inflorescencias, cada componente se colocó dentro de bolsas de papel estraza respectivamente etiquetada. El área foliar se midió con un equipo de medición LI-COR antes de proceder a secar en la estufa el follaje previamente medido; después de secar el material se procedió a pesarlo en una balanza analítica.

Con los pesos secos se procedió a realizar un análisis de crecimiento del cultivo, siguiendo la metodología descrita por Hunt (1982). Los resultados obtenidos indicaron que

la mayor partición de biomasa se oriento a las hojas con una proporción de 45% en promedio durante los tiempos de muestreo, siguiéndole los pecíolos, tallos, inflorescencias y raíces. El comportamiento que tuvo la partición de biomasa durante los cuatro muestreos demostró que la partición de biomasa en hojas disminuyo durante los cuatro muestreos, mientras que la de los tallos casi permaneció constante, en pecíolos y raíces se aumento en los primeros muestreos y al final del periodo de evaluación disminuyo. Solamente para el componente de las inflorescencias la partición de biomasa aumento considerablemente en los tres últimos muestreos. El análisis de varianza y el análisis estadístico revelaron que solamente el factor solarizacio□n provoco diferencias significativas en la partición de materia seca del cultivo de brócoli, mientras que el extracto de gobernadora no mostró tener un efecto en el crecimiento de las plantas y en la partición de biomasa. El mayor índice de área foliar se presento en los tratamientos solarizados, en comparación con los tratamientos no solarizados.

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento de inflorescencias en ton/ha, mostraron diferencias altamente significativas para el factor solarizacio□n, mientras que para el factor dosis de resina de gobernadora no existen diferencias significativas. Los tratamientos solarizados se incrementaron en promedio 14% ma□s que el no solarizado. El rendimiento total en ton/ha fue mayor en los tratamientos solarizados al incrementarse 6 ton/ha ma□s que el no solarizado.

Los resultados de este trabajo muestran que el acolchado plástico transparente utilizado para solarizar el suelo y que también fue empleado como acolchado en el cultivo de brócoli, permite incrementar notablemente el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como también la producción de materia seca y el rendimiento de inflorescencias por hectárea. Es importante señalar que no hubo interacción entre la solarizacio□n y las dosis de resina de gobernadora aplicada al suelo.

## **INDICE DE CONTENIDO.**

|  |     |
|--|-----|
| DEDICATORIA.....   | iii |
| AGRADECIMIENTOS.....   | ivR |
| ESUMEN.....  | v   |
| INDICE DE CONTENIDO.....   | vii |
| INDICE DE CUADROS.....   | x   |
| INDICE DE FIGURAS.....   | xii |
| INTRODUCCION.....  | 1   |
| OBJETIVOS.....   | 4   |
| HIPOTESIS.....   | 4   |
| REVISION DE LITERATURA.....  | 5   |
| Aspectos generales del cultivo de brócoli.....                         | 5   |
| La producción y situación actual del cultivo de brócoli en México..... | 5   |
| Características fitoquímicas del brócoli y las brassicaceas.....       | 6   |
| Principios de la solarización.....                                     | 8   |
| Efectos de la solarización.....  | 9   |
| En la temperatura del suelo.....                                       | 9   |
| En el crecimiento de las plantas.....                                  | 11  |
| Características de la gobernadora.....                                 | 11  |
| Análisis de crecimiento de las plantas.....                            | 12  |
| MATERIALES Y METODOS.....  | 17  |
| Localización del experimento.....                                      | 17  |
| Clima.....   | 17  |
| Suelo.....   | 17  |
| Agua.....  | 17  |
| Características del experimento.....                                   | 18  |
| Diseño experimental.....   | 18  |
| Variables evaluadas.....   | 19  |
| Análisis estadístico.....  | 20  |
| Obtención de la resina de de gobernadora.....                          | 20  |
| Colecta del follaje.....   | 20  |
| Secado del material vegetativo.....                                    | 20  |

|  |    |
|--|----|
| Cribado de follaje.....                                    | 20 |
| Extracción por el método de inmersión en etanol.....       | 20 |
| Evaporación del solvente.....                              | 21 |
| Secado y molienda de la resina.....                        | 21 |
| Establecimiento de la parcela experimental.....            | 21 |
| Preparación del terreno.....                               | 21 |
| Trazo del área experimental.....                           | 22 |
| Incorporación de la resina de gobernadora.....             | 22 |
| Instalación de la cintilla de riego.....                   | 22 |
| Acolchado para solarizar.....                              | 23 |
| Monitoreo de la temperatura de suelo.....                  | 23 |
| Producción de plántulas en invernadero.....                | 23 |
| Practicar agronómicas del cultivo de brócoli.....          | 24 |
| Acolchado con plástico transparente.....                   | 24 |
| Trasplante.....  | 24 |
| Riegos y fertilización.....                                | 24 |
| Control de plagas.....                                     | 25 |
| Muestreos de plantas evaluadas.....                        | 25 |
| Medición de área foliar.....                               | 25 |
| Secado de tallo, hoja, pecíolo, raíz y flor.....           | 25 |
| Análisis de crecimiento.....                               | 25 |
| Coeficiente de partición de biomasa.....                   | 26 |
| Tasa de crecimiento relativo.....                          | 26 |
| Tasa de asimilación neta.....                              | 26 |
| Relación de área foliar.....                               | 27 |
| Relación de peso foliar.....                               | 27 |
| Área foliar específica.....                                | 28 |
| Cosecha.....   | 28 |
| RESULTADOS Y DISCUSION.....                                | 29 |
| Efecto de la solarización en la temperatura del suelo..... | 29 |
| Análisis de crecimiento.....                               | 31 |

|   |    |
|---|----|
| Materia seca.....                         | 31 |
| Área foliar.....                          | 41 |
| Índice de área foliar.....                | 43 |
| Coefficiente de partición de biomasa..... | 44 |
| Tasa de crecimiento relativo.....         | 48 |
| Tasa de asimilación neta.....             | 50 |
| Relacion de área foliar.....              | 52 |
| Relacion de peso foliar.....              | 53 |
| Área foliar específica.....               | 54 |
| Rendimiento total.....                    | 55 |
| CONCLUSIONES.....                         | 58 |
| LITERATURA CITADA.....                    | 59 |
| APENDICE.....                             | 63 |

## **INDICE DE CUADROS**

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 54 días después del trasplante (d.d.t.) de los componentes de las plantas de brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora..... | 32 |
| Cuadro 2. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 69 d.d.t. de los componentes de las plantas de brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                               | 33 |
| Cuadro 3. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 84 d.d.t. de los componentes de las plantas de brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                               | 34 |
| Cuadro 4. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 99 d.d.t. de los componentes de las plantas de brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                               | 36 |
| Cuadro 5. Comparación de medias y análisis de varianza del área foliar en el cultivo del brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....  | 42 |
| Cuadro 6. Comparación de medias y análisis de varianza del índice de área foliar en el cultivo del brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....  | 44 |
| Cuadro 7. Comparación de medias y análisis de varianza para el coeficiente de partición de biomasa a los 54 d.d.t. en el cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                      | 45 |
| Cuadro 8. Comparación de medias y análisis de varianza para el coeficiente de partición de biomasa a los 69 d.d.t. en el cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                      | 46 |
| Cuadro 9. Comparación de medias y análisis de varianza para el coeficiente de partición de biomasa a los 84 d.d.t. en el cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                      | 47 |
| Cuadro 10. Comparación de medias y análisis de varianza para el coeficiente de partición de biomasa a los 99 d.d.t. en el cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                     | 48 |
| Cuadro 11. Comparación de medias y analisis de varianza para la tasa de crecimiento relativo de los 69-84 d.d.t. del cultivo de brócoli, con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                         | 49 |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 12. Comparación de medias y análisis de varianzapara la tasa de crecimiento relativo de los 84-99 d.d.t. del cultivo de brócoli, con diferentes tratamientos de solarizacio□n y dosis de resina de gobernadora..... | 50 |
| Cuadro 13. Comparación de medias y análisis de varianza para la tasa de asimilación neta del cultivo de brócoli, con diferentes tratamientos de solarizacio□n y dosis de resina de gobernadora.....                        | 51 |
| Cuadro 14. Comparación de medias y análisis de varianza para la relación de área foliar del cultivo de brócoli, con diferentes tratamientos de solarizacio□n y dosis de resina de gobernadora.....                         | 53 |
| Cuadro 15. Comparación de medias y análisis de varianza para la relación de peso foliar del cultivo de brócoli con diferentes tratamiento de solarizacio□n y dosis de resina de gobernadora.....                           | 54 |
| Cuadro 16. Comparación de medias y análisis de varianza para el área foliar específica d el cultivo de brócoli con diferentes tratamiento de solarizacio□n y dosis de resina de gobernadora.....                           | 55 |
| Cuadro 17. Comparación de medias y análisis de varianza para el rendimiento total del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarizacio□n y dosis de resina de gobernadora.....                                | 56 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Temperaturas del aire y del suelo solarizado y no solarizado, a diferentes profundidades del suelo.....  | 30 |
| Figura 3. Comportamiento del peso seco de hojas durante el ciclo del cultivo de Brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....           | 37 |
| Figura 3. Comportamiento del peso seco de tallos durante el ciclo del cultivo de Brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....          | 38 |
| Figura 3. Comportamiento del peso seco de pecíolos durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....        | 39 |
| Figura 3. Comportamiento del peso seco de raíces durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....          | 40 |
| Figura 3. Comportamiento del peso seco de inflorescencias durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora..... | 41 |
| Figura 7. Comportamiento del área foliar durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....                  | 43 |
| Figura 8. Rendimiento del cultivo de brócoli en ton/ha durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.....    | 57 |

## INTRODUCCIÓN

La producción hortícola en México se mantiene como una industria competitiva a nivel mundial debido en parte a la amplia diversidad de climas y a las tecnologías empleadas, sin embargo, los niveles de aplicación de la tecnología existente son muy variables, y un gran número de análisis acerca de la agricultura mexicana reportan que existe insuficiencia de abasto de productos para la población de nuestro país. La situación económica presente y la incógnita del futuro han resultado en un número record de productores horto-frutícolas fuera del negocio. Tiempos de estrés y de grandes cambios se avecinan; en el horizonte algunos eventos prometen traer más complicaciones. Entre ellos se encuentran el tratado de comercio trilateral, la utilización de invernaderos para la producción de hortalizas, los cambios ecológicos ocasionados por la contaminación y los casos recientes de enfermedades patogénicas detectadas en la población por el consumo de frutas y hortalizas contaminadas (Siller, 1999).

El último evento implica para el futuro condicionar la importación de productos agrícolas al aseguramiento de la calidad microbiológica y toxicología de los alimentos de este tipo consumidos frescos o procesados y representa un reto importante que los productores mexicanos tendrán que enfrentar para no ver afectada la economía nacional asociada a la producción hortícola.

La producción de hortalizas en los sistemas agrícolas intensivos ha tenido una dependencia muy fuerte de fumigantes químicos inorgánicos para la prevención y control de patógenos del follaje y del suelo con todos los problemas alternos que esto implica, pero actualmente se están dando cambios radicales en esas prácticas en todas las áreas más tecnificadas del mundo; 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).

Un caso muy relevante de lo anteriormente mencionado lo constituye el bromuro de metilo, del cual se usan unas 80,000 toneladas/año, que después de ser aplicados al suelo se evaporan a la atmósfera, después se desplazan hasta la estratósfera y están contribuyendo a la desaparición progresiva de la capa de ozono; algunos otros agroquímicos se percolan a los acuíferos, llegando a formar parte del agua usada para consumo humano, con base a los acuerdos del protocolo de Montreal el bromuro de metilo será eliminado del mercado mundial para el año 2010 (O'Neill, 1997).

Con base en todo lo antes mencionado, actualmente se requieren metodologías limpias, sustentables y mas amigables con el medio ambiente, como la técnica de solarización que permitan biológica y físicamente prevenir y controlara hongos, nematodos, bacterias, malezas y otros patógenos que afectan a los cultivos hortícolas mermando su rendimiento e incrementando el costo de producción de los cultivos. Esta técnica que utiliza el acolchado plástico y sistema de fertirriego, ha demostrado que permite incrementar la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, así como de la tasa de crecimiento de las plantas, el área foliar, el tamaño de los frutos, el rendimiento total de los cultivos y su precocidad, razón por la que esta tecnología cada vez se viene utilizando mas en las regiones productoras de hortalizas en todo el mundo.

Actualmente por el uso indiscriminado de los agroquímicos inorgánicos se ha venido generando resistencia a los pesticidas por los diversos microorganismos patógenos, por lo que es necesario estudiar nuevas alternativas físicas como la solarizacion del suelo y el uso productos de origen orgánico vegetal de bajo impacto ambiental para reducir la contaminación del ambiente y promover una agricultura sustentable y de alta rentabilidad para el productor.

Por otro lado, técnicas como el análisis de crecimiento de las plantas han venido siendo usadas por numerosos investigadores para estudiar la respuesta de las plantas nativas y cultivadas a diversos factores ambientales que afectan el crecimiento, desarrollo y producción de frutos, logrando con esta técnica describir el comportamiento de las plantas y la partición de materia seca en los diferentes componentes de las mismas y en diferentes

periodos durante su ciclo de vida. Con base en lo antes descrito en este trabajo se estudio el efecto de periodos de solarizacion con acolchado plástico y dosis de resina de gobernadora en el desarrollo y producción del cultivo de brócoli.

## **OBJETIVO GENERAL.**

- Evaluar el efecto de la interacción entre periodos de solarización del suelo y la incorporación de dosis de resina hidrosoluble de gobernadora en la producción y partición de biomasa del cultivo de brócoli mediante el análisis de crecimiento.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Determinar el efecto del acolchado plástico usado para solarizar y las dosis de resina de gobernadora en la producción de materia seca, en la partición de la misma entre los componentes de la planta y en el rendimiento total del cultivo de brócoli.
- Analizar la posible interacción entre periodos de solarización y dosis de extracto etanólico de *L. tridentata* en la partición de biomasa de las plantas de brócoli.
- Reutilizar la película de polietileno transparente utilizada para solarizar el suelo, al utilizarla como acolchado agrícola para mejorar la producción del cultivo de brócoli, en comparación con el sistema tradicional de fertirriego sin acolchado plástico.

## **HIPOTESIS.**

- El incremento de la temperatura del suelo provocado por el acolchado plástico transparente ocasionará un incremento de la producción de materia seca y el rendimiento total de brócoli.
- La película de polietileno transparente utilizada para solarizar el suelo durante el ciclo otoño-invierno, también puede ser utilizada para acolchar el cultivo de brócoli, con lo que se logrará mejorar su eficiencia productiva.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Aspectos generales del cultivo de brócoli**

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

El brócoli es originario de la región del mediterráneo y ya era cultivado en la época de la antigua Roma, habiendo sido introducido en Inglaterra alrededor del año 1720. A diferencia de la coliflor este cultivo es bastante nuevo en el continente americano. El brócoli se comenzó a cultivar comercialmente en California y el primer envío empacado en hielo se envió a la costa este de E.U. en 1924. Sin embargo, este cultivo comenzó a tener una importancia relativa en los E.U. hasta después de la segunda guerra mundial.

Actualmente los E.U. son el mayor productor de brócoli del mundo, gran parte de lo cosechado en ese país se vende como producto fresco. En 1998 los E.U. cosecharon cerca de 65,000 toneladas de brócoli con un valor de 554 millones de dólares. California es el mayor productor a nivel nacional alcanzando el 90% de la producción; los estados que le siguen son: Arizona, Texas, Oregon y Pennsylvania. El brócoli también se produce a gran escala en Italia, el norte de Europa y en el Lejano Oriente ([www.agalternatives](http://www.agalternatives)).

### **La producción y situación actual del brócoli en México**

En 1996 en México la superficie sembrada fue de 1,139 ha, siendo Guanajuato, Michoacán, Zacatecas, Jalisco y Aguascalientes los principales estados productores de brócoli. Guanajuato es el estado que comercializa casi el 78 % del total de la producción

nacional de brócoli. Al incrementarse la superficie cultivada con el uso de nuevas tecnologías se originan fuentes de trabajo, ya que este cultivo requiere de gran cantidad de mano de obra. (Productores de Hortalizas Marzo, 1998).

Con el incremento en la superficie sembrada con este cultivo en la región del Bajío se han venido incrementando los problemas por plagas y enfermedades, un caso específico lo constituye la palomilla dorso de diamante que ha ocasionado severos problemas entomológicos, reduciendo los rendimientos e incrementado los costos de producción. Como resultado de ello las empacadoras de El Bajío han visto reducir sus exportaciones de brócoli en más de 20 mil toneladas y ahora buscan nuevas estrategias para la prevención y control de insectos y enfermedades.

Los agricultores de El Bajío han encontrado que la producción de brócoli para las congeladoras estaba muy estandarizada, y cada vez era más difícil sacar utilidades con el incremento de los costos de producción y la caída de los precios. Existe una oferta muy limitada de variedades para el mercado fresco. Por ello, los productores están buscando una mayor diversificación, e inclusive se está dando el fenómeno de la aparición en el mercado fresco, de pequeños empaques denominados “baby brócoli.”

De acuerdo con los datos obtenidos en El Bajío, los costos de producción se sitúan entre 21 y 23 mil pesos por hectárea, con rendimientos que van de 8 a 10 toneladas por hectárea, sin embargo en algunas explotaciones se ha podido aumentar el rendimiento hasta en 14 toneladas por hectárea, con lo cual se obtiene una utilidad aceptable (Productores de hortalizas, Abril del 2000).

### **Características fitoquímicas del brócoli y las brassicáceas**

Una de las características de las Brassicáceas y específicamente de las plantas de brócoli es que contienen en su tejido unos productos resultantes de la fotosíntesis llamados Glucosinolatos, los cuales son una clase de metabolitos secundarios de las plantas

dicotiledóneas (Rodman et al., 1998). Los glucosinolatos se caracterizan por tener una cadena lateral (R) y un azufre ligado a una molécula D-glucopiranososa .

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

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

Entre las Brassicaceas cultivadas, el brócoli atrajo la atención después de que se descubrió que contiene altos niveles de isotiocianatos azufrados y de otros glucosinolatos que tienen propiedades anticancerígenas (Beecher, 1994; Cover et al., 1998; Zhang et al., 1992). Basado en los efectos benéficos que tiene el cultivo de brócoli recientemente se le ha venido dando mucho atención ha este cultivo como un alimento con propiedades medicinales muy importantes por lo que se ha venido recomendando ampliamente para incorporarlo mas a la dieta de los humanos. Por otro lado, desde el punto de vista de su uso agrícola la incorporación de los residuos de brócoli se han venido incorporando al suelo para promover el concepto de biofumigación, para una agricultura sustentable (Elmore et al., 1997).

Bajo condiciones normales de crecimiento la iniciación floral de la planta de brócoli es acompañado de una apertura gradual de el ápice donde la inflorescencia primaria se inserta (Hadley y Pearson, 1999), y la formación de inflorescencias secundarias en la axila de la hoja. Aun y cuando las inflorescencias secundarias crecen mejor después de que la

inflorescencia primaria se ha cosechado estas son mas pequeñas y representan aproximadamente el 30 % del rendimiento total (Rosa y Rodríguez, 2001).

### **Principios de la Solarización**

La solarización es un proceso hidrotermico 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, 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.
- 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.

### **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 se incrementa la profundidad las temperaturas disminuyen. La temperatura máxima la alcanza el suelo durante el día y se mantiene por un largo tiempo. La capa superior del suelo es la que está más propensa a los cambios de temperatura, ya que 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 del suelo; 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), reportó 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. En 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.

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

Las plantas generalmente crecen más rápido y producen mayores rendimientos y de más calidad 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 fluorescens* y *Bacillus* se sabe que son agentes de control biológico (Elmore et. al., 1997; Katan y DeVay, 1991).

## **Características de la Gobernadora (*Larrea tridentata* Cav.).**

La Gobernadora (*Larrea tridentata* Cav.) 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 Nordihydroguaiaretico (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).

### **Análisis de crecimiento de las plantas**

El análisis de crecimiento de las plantas es una poderosa herramienta que ha venido siendo utilizada por los investigadores de todo el mundo para estudiar el efecto de diversos factores agroecológicos en el crecimiento y desarrollo de las plantas nativas en su habitat original y de las plantas cultivadas en los campos agrícolas. La información sobre esta técnica fue difundida ampliamente después de los trabajos publicados por Hunt (1978) y Hunt (1982), citados por Quezada (1996).

El análisis de crecimiento fue utilizado por Chen *et al.*, (1997), para determinar el efecto de diversas concentraciones (300, 450, 600, 750 y ppm) de CO<sub>2</sub> en el crecimiento y

desarrollo de plantas de fresa (*Fragaria xananassa* Duch. Cv. “Elsanta”), cultivadas en cámaras de crecimiento. Estos autores determinaron mediante esta técnica que las concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> incrementaron notoriamente el crecimiento de las plantas, así como número de hojas, guías, hijuelos, mayor índice de área foliar y peso seco por unidad de área foliar. En contraste, el área foliar específica y la relación del área foliar de las plantas decreció a concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub>. Ellos concluyeron que desde un punto de vista económico resulta más económico para el productor de fresas utilizar concentraciones de CO<sub>2</sub> en el rango de 600 a 750, en lugar de 900 ppm dentro de los invernaderos.

El trabajo sobre análisis de crecimiento de Funnell et al., (1998), realizado con la planta *Zantedeschia spreng.* “Best Gold” fue orientado a determinar la producción, acumulación y partición de materia seca de la especie antes mencionada bajo un rango de temperaturas que propiciaron diversos regímenes de flujos de fotones fotosintéticos. Ellos encontraron que la tasa relativa de acumulación de materia seca fue altamente correlacionada con la partición del incremento diario de la materia seca hacia el tejido foliar. En contraste, se encontró una baja correlación entre la tasa de crecimiento relativo y la tasa de asimilación neta. Los valores máximos de la tasa de crecimiento relativo se incrementaron linealmente con los incrementos de temperatura en el rango de 13 a 28 °C.

Un estudio realizado con varios clones de la especie *Populus tremuloides* Michx por Coleman et al., (1998), se orientó a analizar la posibilidad de desarrollar este tipo de plantas en macetas conteniendo peat moss, arena y vermiculita con una relación 2:1:1, v/v/v entre estos productos y con diferentes soluciones nutritivas. Estos autores encontraron que la partición de fotosintatos hacia las raíces se incrementó en relación directa con los tratamientos de menor adición de soluciones nutritivas. No se encontraron respuestas diferenciales del crecimiento entre los clones de *P. tremuloides*, pero sí se encontraron diferencias debido a los tratamientos en el contenido de clorofila de las hojas y la tasa fotosintética entre los clones estudiados.

La técnica de análisis de crecimiento también fue utilizada por Chen et al., (1999), para estudiar el efecto de la salinidad ocasionada por NaCl y el enriquecimiento atmosférico por CO<sub>2</sub> en pepino (*Solanum muricatum* Ait.) cv. Xotus. Estos autores establecieron las plantas en macetas y las trataron con una solución nutritiva Hoagland de 200 ml con o sin adición de 25 mM de NaCl dos veces por semana durante dos meses y se sometieron a las siguientes concentraciones de CO<sub>2</sub>: 350, 700 y 1050 ppm en cámaras de crecimiento. Ellos encontraron que la salinidad provocada por NaCl en la rizosfera de las plantas redujeron el crecimiento de todos los órganos, pero incrementaron la tasa de peso seco del tallo y la tasa de peso seco de la raíz. En contraste, el enriquecimiento atmosférico con CO<sub>2</sub> incremento el crecimiento de la planta y los frutos. La tasa de expansión diaria, la tasa del crecimiento del tallo, la tasa de producción de biomasa seca y el incremento de la tasa de fruto fresco se redujo debido al estrés por NaCl, pero se incrementaron con las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> en la cámara de crecimiento; por lo tanto el impacto negativo del estrés por salinidad en el crecimiento de la planta y el fruto se disminuyó con las concentraciones de 700 y 1050 ppm de CO<sub>2</sub>.

Roderick (2002), desarrolló y describió un modelo teórico para la técnica de análisis de crecimiento. En su trabajo el crecimiento de la planta se relacionó directamente con cambios en volumen y la tasa de crecimiento se describió por la ecuación  $dV/dt$ , donde el volumen de esta fórmula incluye los espacios de aire internos de la planta. Según este autor el segundo término de la ecuación puede ser ignorado si la densidad es constante en el tiempo y en ese caso la tasa de crecimiento puede ser estimada con mediciones de la tasa de cambio de la masa. Sin embargo, la densidad de las plantas es variable por lo que son necesarias las mediciones de masa y densidad de las plantas para poder utilizar el análisis de crecimiento. También establece en su trabajo que para usar la teoría relacionada con las bases de los modelos de crecimiento de las plantas es necesario desarrollar métodos simples para estimar el área superficial de las raíces, tallos y hojas asumiendo que la masa y el volumen son conocidos. Roderick concluye que antes de realizar un análisis de crecimiento de las plantas es necesario hacer mediciones de masa y densidad de las plantas para que esta herramienta de investigación alcance todo su potencial de investigación.

Por su parte, el trabajo de investigación realizado por Araujo y Teixeira (2000), se enfoca a estudiar mediante el análisis crecimiento las variaciones ontogénicas sobre la absorción y utilización del fósforo en variedades de frijol con diferentes características de fijación de nitrógeno. Ocho variedades de esta leguminosa fueron sembradas en macetas a las que se les aplicó dos dosis de fósforo (20 y 80 mg de P/kg de suelo), las cuales se cosecharon en tres etapas de crecimiento (tercera hoja trifoliada extendida, floración y llenado de grano). El desarrollo de la formación de nódulos fue diferente entre variedades y dependió del volumen de fósforo aplicado. Se presentaron diferentes patrones de crecimiento radicular: algunas variedades incrementaron el área radicular después de floración principalmente al incrementar la masa radicular, mientras que otras lo hicieron reduciendo el radio radicular. Los autores sugieren que el análisis de crecimiento es útil para seleccionar genotipos de frijol por su tolerancia a bajas concentraciones de P y alta actividad fijadora de nitrógeno.

Los patrones de crecimiento de cuatro variedades de mijo perla (*Pennisetum glaucum*), y su relación con rendimiento de grano fueron evaluadas en Brasil mediante el análisis de crecimiento por Geraldo et al., (2000). Estos autores establecieron un experimento de campo para estudiar la producción de biomasa seca y rendimiento de grano de cultivares brasileños (productores de forrajeros) y africanos (productores de grano). Mediante el análisis de crecimiento los autores determinaron que las variedades brasileñas florecieron más temprano y produjeron más materia seca al principio del ciclo del cultivo, pero las variedades africanas fueron superiores después de floración. Las variedades africanas fueron superiores en rendimiento de grano que las brasileñas.

Taub (2002), establece que las diversas especies de plantas difieren grandemente en sus respuestas de crecimiento debido a los nutrientes, pero menciona que se sabe muy poco acerca de los factores fisiológicos y morfológicos que son responsables por estas diferencias. Con la finalidad de conocer más sobre el particular, este autor midió la respuesta de 17 especies de pastos C-3 a dosis de nitrógeno aplicadas. Las variables estudiadas fueron tasa de crecimiento relativo y tres de sus componentes (área foliar

específica, tasa de área foliar y relación de área foliar). Las plantas se desarrollaron en arena en un invernadero y fueron fertilizadas diariamente con dosis de 5 o 0.05 mM  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Para la mayoría de las especies la respuesta de crecimiento al nitrógeno fue principalmente asociada con un incremento en la partición de biomasa a las hojas a tasas altas de nitrógeno. El análisis de todas las especies estudiadas indicó que con altas niveles de nitrógeno hubo un incremento de 37% en la tasa de peso foliar, un 12% de incremento en la tasa de área foliar y una reducción de 4% en el área foliar específica.

El reciente trabajo de Steinmaus y Norris (2002), utilizó el análisis de crecimiento y la arquitectura del follaje de plantas de agroecosistemas tipo mediterráneo en diferentes condiciones de intensidad de luz. La biomasa y producción de semillas de la planta conocida como hoja aterciopelada que se desarrolló en condiciones de alta luminosidad produjo 1,370 gr de peso seco y 44,200 en semillas por planta y mostraron una baja variabilidad. Plantas de esta especie desarrolladas junto con maíz redujeron el peso seco a solo 21 gr y produjeron 349 semillas por planta, además tuvieron una alta variabilidad de biomasa y número de semillas. La tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta y la tasa de área foliar fueron determinadas utilizando las funciones de Richards las cuales se ajustaron a los datos de producción de biomasa y de área foliar mediante regresión. La tasa de crecimiento relativo fue superior para todas las plantas a inicios del ciclo pero declinó después las dinámicas de la tasa de asimilación neta y tasa de área foliar se correlacionaron con el incremento de sombreado por plantas vecinas, edad de las hojas y la caída de hojas de las capas inferiores del follaje. Cuando las plantas estuvieron sombreadas la partición de materia seca se orientó principalmente al tejido del tallo, el cual se incrementó la altura en lugar que el grosor del mismo.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización y Características del Sitio Experimental.**

#### **Localización.**

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

### **Clima.**

**El clima de Saltillo se clasifica BSok(x')(e), que se define como seco estepario de acuerdo a la clasificación climática de KÖEPPEN. La temperatura y la precipitación pluvial media anual es de 18 °C y 368 mm, las precipitaciones más altas se registran en los meses de Mayo y Julio con 236 y 234 mm respectivamente (García, 1987).**

### **Suelo.**

El suelo es de origen aluvial, textura arcillosa 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, esto significa que es un suelo ligeramente salino.

### **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 el análisis del crecimiento del cultivo de brócoli. Combinando la solarización y la incorporación de la resina de Gobernadora (*Larrea tridentata* Cav.) al suelo.

### **Diseño experimental.**

El experimento se llevó acabo con un diseño bifactorial completamente al azar, teniendo un total de 9 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, en el cual los factores considerados fueron:

#### **Factor A: Solarizacion**

A<sub>1</sub> Cero días de solarizacion.

A<sub>2</sub> 40 días de solarizacion.

A<sub>3</sub> 70 días de solarizacion.

#### **Factor B: Dosis de resina de *Larrea tridentata***

B<sub>1</sub> 0 Kg/ha de resina.

B<sub>2</sub> 20 Kg/ha de resina.

B<sub>3</sub> 40 Kg/ha de resina.

**Los tratamientos resultantes fueron los siguientes.**

| <b>Tratamiento</b> | <b>Descripción</b>                             |
|--------------------|--|
| 70/40              | 70 días de solarización con 40 kg/ha de resina |

|       |   |
|-------|---|
| 70/20 | 70 días de solarización con 20 kg/ha de resina            |
| 70/0  | 70 días de solarización con 0 kg/ha de resina             |
| 40/40 | 40 días de solarización con 40 kg/ha de resina            |
| 40/20 | 40 días de solarización con 20 kg/ha de resina            |
| 40/0  | 40 días de solarización con 0 kg/ha de resina             |
| 0/40  | Cero días de solarización con 40 kg/ha de resina          |
| 0/20  | Cero días de solarización con 20 kg/ha de resina          |
| 0/0   | Cero días de solarización con 0 kg/ha de resina (testigo) |

El procedimiento utilizado para analizar los resultados fue por medio de un análisis de varianza completamente al azar bifactorial, y pruebas de rango múltiple, utilizando la prueba de diferencia mínima significativa al 0.05 % (DMS).

### **VARIABLES EVALUADAS.**

**Las variables evaluadas fueron:**

- **Materia seca.**
  - \* hoja
  - \* pecíolo.
  - \* tallo.
  - \* raíz.
  - \* Inflorescencias.
- Área foliar
- Rendimiento
  - \* producción total (ton/ha).
- Temperatura del suelo.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

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

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

### **Colecta de Follaje.**

Las muestras de hojas y ramas pequeñas de gobernadora (*Larrea tridentata*) fueron colectadas en los alrededores de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, la cual se ubica en el paralelo 25° de latitud Norte del desierto Chihuahuense. Las ramas y hojas se obtuvieron del tercio final de los arbustos de gobernadora.

### **Secado del material vegetativo.**

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

### **Cribado de hojas secas.**

Después de secadas las ramas en la estufa, se defoliaron y se cribaron con una malla metálica con orificios de 0.5 cm<sup>2</sup>, quedando listo el material para el proceso de extracción de la resina.

### **Extracción por el método de Inmersión en Etanol.**

Para la obtención de la resina en volumen suficiente y poder realizar los trabajos de campo, se utilizó la técnica de extracción de la resina por inmersión del follaje seco y cribado, utilizando el etanol como solvente; posteriormente se introdujo el follaje de

Gobernadora en cubetas de 20 lt en las que se agregó el solvente en una cantidad suficiente hasta que cubriera totalmente el follaje y se mantuvo el solvente por un tiempo de 24 hr,. La separación del material vegetativo del solvente se hizo a través de una bomba de vacío, esto permitió dejar únicamente el licor con el solvente que después se llevaría al proceso de destilación por evaporación.

### **Evaporación del solvente.**

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

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

Después de 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 quedo completamente seca. Después que la resina fue solidificada se coloco en un mortero de porcelana para su pulverización manual, después se guardó la resina (polvo) en recipientes de plástico con tapón de rosca.

## **Establecimiento de la Parcela Experimental.**

### **Preparación del Terreno.**

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

### **Trazo del área experimental.**

Se realizo en la última semana del mes de agosto del 2001, el cual consistió primero en marcar lo largo y acho del área experimental por medio de un cordel, después se marco el largo y ancho de las camas y de los pasillos por medio de estacas de madera y cordón de rafia. El tamaño del lote experimental y los marcos de plantación son los siguientes.

|                                    |                     |
|------------------------------------|---------------------|
| Área experimental                  | 810 m <sup>2</sup>  |
| Área de la unidad experimental     | 22.5 m <sup>2</sup> |
| Área de la parcela útil            | 7.5 m <sup>2</sup>  |
| Ancho de las camas                 | 1.5 m               |
| Distancia entre hileras de plantas | 0.25 m              |
| Distancia entre plantas            | 0.30 m              |
| Largo de la cama                   | 5 m                 |
| Densidad de plantación             | 40296 plantas/ha.   |

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

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

#### **Instalación del Sistema de Riego.**

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

#### **Acolchado Para Solarizar.**

El 7 de septiembre del 2001 se coloco el plástico transparente, para los diferentes días de solarización, el cual se inicio el riego para después empezar a tomar temperaturas, el 17 de Octubre se retiro el plástico transparente del suelo solarizado a 40 días, para el

suelo solarizado a 70 días no se retiró el plástico transparente debido a que un día después de que se cumplió el periodo de solarización se realizó el trasplante.

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

El monitoreo de la temperatura del suelo se hizo a través de un termómetro FLUKE mod. 52II durante las horas 9:00; 11:00; 13:00; 15:00; 17:00. Se inició a partir del 13 de Septiembre del 2001 al 30 de Octubre del mismo año. El monitoreo de las temperaturas se hicieron a una profundidad de 1.5, 5 y 15 cm de profundidad del suelo.

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

La siembra de charolas se realizó el 5 de Octubre del 2001, se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades, se lavaron con hipoclorito de sodio al 3% para desinfectar, y después se preparó el sustrato, Peat Moss humedecido, marca PRO-MIX. La semilla utilizada fue de Petoseed, variedad Liberty, con 85-90 días de maduración.

Para acelerar la germinación, se cubrieron las charolas con un plástico negro, esto para aumentar la temperatura y conservar el calor. Después de germinadas se pasaron a un invernadero de plástico con ventilación natural lateral y sistema de seminebulización, manteniendo una humedad constante. Los riegos aplicados con el sistema de seminebulización se aplicaron durante 5 minutos tres veces al día. En los días con altas temperaturas se pasaban las charolas a una alberca donde se mantenían por 30 minutos. La fertilización se realizó a través del sistema de nebulizadores con una dosis de 0.36-0.087-0.02-0.017 kg/ha de N-P-K-Ca, dosis diaria, también se hicieron aplicaciones de fungicidas, aplicándolos en la alberca, para después pasar las charolas y mantenerlas por un periodo de tiempo.

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

### **Acolchado con Plástico Transparente.**

El plástico utilizado para solarizar, fue el mismo que se utilizó para acolchar por dos razones: Para incrementar la temperatura en el suelo, ya que en este ciclo de otoño-invierno las temperaturas son bajas. Por otro lado se intentan reducir los costos de producción dándole un doble uso al plástico.

### **Trasplante.**

El trasplante se realizó el 17 de noviembre del 2001, cuando la planta tenía 35 días en charola, con una altura promedio de 10 cm de altura, con un acomodo a doble hilera y una distancia entre plantas de 30 cm, teniendo una densidad de 40,296 plantas/ha. Se aplicó el riego un día antes del trasplante con el fin de que tuviera muy buena humedad, ya que el cultivo así lo requiere.

### **Riego y Fertilización.**

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

### **Control de Plagas.**

Se puede decir que no se tuvo daño por plagas, por lo cual solo se aplicó insecticida en dos ocasiones: Decís (nombre comercial), para el gusano cortador, que no mostró un daño significativo, solamente se hicieron las aplicaciones preventivas.

### **Muestreo de las Plantas Evaluadas.**

El muestreo fue de tres plantas por unidad experimental, se hicieron 4 muestreos, a los 54, 69, 84, 99 días después del trasplante (d.d.t.). El muestreo consistió en sacar tres plantas completas representativas de cada unidad experimental, posteriormente se cortaban los componentes de la planta hojas, tallos, pecíolos, inflorescencias y raíces, después cada componente se guardaba en bolsas de papel estraza, etiquetadas para cada tratamiento y repetición.

### **Medición de área foliar.**

La medición de área foliar se llevo acabo en el aparato medidor de área foliar LICOR, modelo 345, el cual fue previamente calibrado antes de realizar cada una de las mediciones.

### **Secado de hojas, tallos, raíces, pecíolos y flores.**

El secado se hizo en un cuarto acondicionado a una temperatura de 75 °C las plantas se mantuvieron por 72 hr hasta llegar a tener un peso seco constante, después cada componente se pesó en una balanza analítica, este procedimiento se realizó en cada muestreo.

### **Análisis de Crecimiento.**

Con los pesos secos de cada componente y el área foliar se procedió a realizar un análisis de crecimiento del cultivo de brócoli, siguiendo la metodología descrita por Hunt (1982).

### **Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB).**

$$\text{CPB} = \frac{w_i}{W}$$

**CPB**= Coeficiente de partición de biomasa.

$W_i$  = Peso seco del componente.

$W$  = Peso seco total.

### **Tasa de Crecimiento Relativo.**

Representado por las siglas (TCR)

Se utilizó la ecuación:

$$\text{TCR} = \frac{\text{Log}_e W_2 - \text{Log}_e W_1}{t_1 - t_2}$$

TCR= Tasa de crecimiento relativo.

$\text{Log}_e$  = Logaritmo natural.

$W_2$  = Peso seco del componente en el tiempo dos (g)

$W_1$  = Peso seco del componente en el tiempo uno (g)

$t_2$  = Tiempo dos.

$t_1$  = Tiempo uno.

Unidades de medida =  $\text{g g}^{-1} \text{día}^{-1}$  ó  $\text{mg g}^{-1} \text{día}^{-1}$

### **Tasa de Asimilación Neta.**

Representado por las siglas (TAN)

Ecuación utilizada:

$$\text{TAN} = \frac{W_2 - W_1}{t_1 - t_2} \cdot \frac{\log_e L_{A2} - \log_e L_{A1}}{L_{A2} - L_{A1}}$$

TAN= Tasa de asimilación neta.

$W_1$  = Peso seco total en el tiempo uno (g)

$W_2$  = Peso seco total en el tiempo dos (g)

$t_1$  = Tiempo uno.

$t_2$  = Tiempo dos.

$\log_e$  = Logaritmo natural.

$L_{A1}$  = Área foliar en el tiempo uno ( $\text{cm}^2$ )

$L_{A2}$  = Área foliar en el tiempo dos ( $\text{cm}^2$ )

Unidades de medida =  $\text{g cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$  ó  $\text{g m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$

### **Relación de Área foliar.**

Representadas por las siglas (RAF)

Se utilizo la ecuación:

$$\text{RAF} = \frac{(L_{A1} / W_1) + (L_{A2} / W_2)}{2}$$

RAF= Razón de área foliar.

$L_{A1}$  = Área foliar en el tiempo uno.

$L_{A2}$  = Área foliar en el tiempo dos.

$W_1$  = Peso total en el tiempo uno.

$W_2$  = Peso total en el tiempo dos.

Unidades de medida =  $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$  o  $\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$

### **Razón de Peso Foliar.**

Representado por las siglas (RPF)

Ecuación utilizada:

$$\text{RPF} = \frac{(LW_1 / W_1) + (LW_2 / W_2)}{2}$$

RPF= Relación de peso foliar.

$LW_1$  = Peso seco foliar en el tiempo uno.

$LW_2$  = Peso seco foliar en el tiempo dos.

$W_1$  = Peso seco total en el tiempo uno.

$W_2$  = Peso seco total en el tiempo dos.

Unidades de medida = adimensional.

### **Área Foliar Especifica.**

Representada por las siglas (AFE)

Ecuación utilizada:

$$AFE = \frac{LAR}{LWR}$$

AFE= Área foliar específica.

LAR = Relación de área foliar.

LWR = Relación de peso foliar.

Unidades de medida =  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  ó  $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$

### **Cosecha.**

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

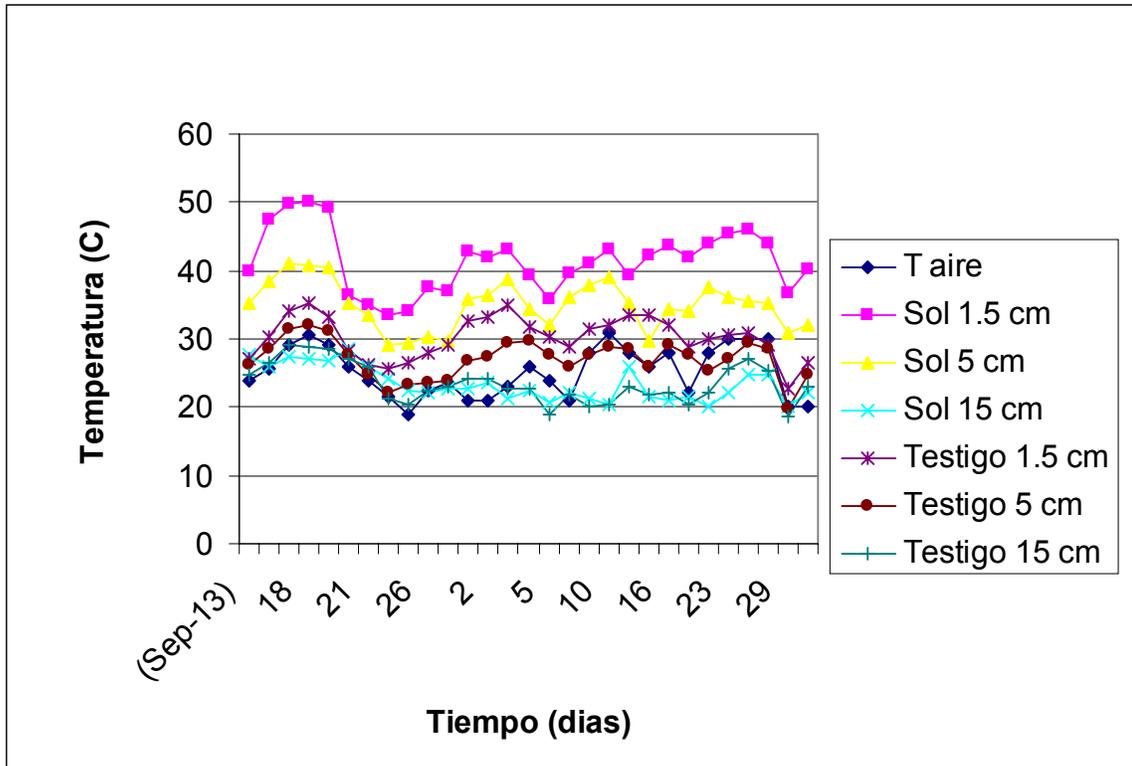
## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Efecto de la solarización en la temperatura del suelo.**

Con base en los datos generados sobre la temperatura del suelo se elaboró la Figura 1. En este gráfico se puede apreciar el curso diario que siguieron las temperaturas del suelo y del aire durante el periodo de solarización que transcurrió de septiembre 13 a 30 de

octubre del 2002. Se debe señalar que las temperaturas más altas se registraron a una profundidad de 1.5 cm del suelo a las 15:00 horas mientras que las temperaturas más bajas se registraron a una profundidad de 15 cm del suelo, tanto para el tratamiento el testigo como para los solarizados. En cuanto a la temperatura máxima alcanzada durante este periodo, los datos indican que se registro el 18 de septiembre, la cual se elevó hasta los 50.1 °C en el estrato 0-1.5 cm .

En la Figura 1 se aprecia que la curva formada por los datos de la temperatura a 1.5.cm de profundidad del suelo solarizado con polietileno transparente (PE) alcanzo valores máximos de 50.1 °C durante los días del 18 al 22 de septiembre, mientras que en esos mismos días el tratamiento testigo no solarizado alcanzó a 1.5. cm de profundidad la temperatura de 35.2 °C (14.8 grados menos que el solarizado) a 5 cm de profundidad se alcanzo una temperatura de 40.9 °C y a 15 cm de profundidad los valores reportados fueron de 27.2 C grados. Es importante señalar que durante el periodo de tiempo antes señalado la temperatura del aire fue de 30.5 °C, lo que representa un diferencial de 19.6 °C de incremento en la temperatura del suelo a 1.5 cm de profundidad. En general, bajo una película de PE utilizada para solarizar el suelo, la temperatura del suelo se incrementa en varios °C durante el día este incrementó de temperatura puede variar entre 2 y 10 °C de acuerdo a la estación del año, tipo de suelo, nivel de radiación solar y humedad del suelo (Katan y DeVay, 1991).



**Figura 1. Temperatura del aire y del suelo solarizado y no solarizado a diferentes profundidades del suelo.**

Durante los días posteriores al 22 de septiembre se presentó un descenso en la temperatura ambiente que ocasionó una reducción en las temperaturas del suelo a los tres estratos estudiados (1.5, 5, y 15 cm de profundidad), tanto en los tratamientos solarizados como en el testigo; sin embargo, durante casi todo el mes de Octubre las temperaturas del suelo a 1.5 cm de profundidad superaron los 40 °C, condiciones que resultan ser letales para una gran cantidad de microorganismos fitopatógenos (Elmore et al.,1997).

## ANALISIS DE CRECIMIENTO

En relación con el análisis de crecimiento realizado en este trabajo las variables consideradas de acuerdo con Hunt (1982) citado por Quezada (1996) fueron a partir de la materia seca acumulada durante el ciclo del cultivo con la cual a su vez se dividió en los principales componentes de las plantas (hojas, pecíolos, tallos, raíces e inflorescencias). Con los valores de peso seco de estos componentes se realizó el análisis de crecimiento del cultivo con base a la metodología propuesta por el autor antes mencionado. Para realizar el análisis de crecimiento se analizaron las siguientes variables: coeficiente de partición de biomasa; tasa de crecimiento relativo; tasa de asimilación neta; relación de área foliar, relación de peso foliar y área foliar específica.

### **Materia seca**

Los resultados del análisis de varianza de la materia seca producida y acumulada en hojas, tallos, pecíolos, raíces, e inflorescencias a los 54, 69, 84 y 99 días después del trasplante (d.d.t.) datos aquí consignados mostraron que en el factor A (solarización) si existen diferencias altamente significativas, mientras que para el factor B (dosis de resina), no existen diferencias significativas. Resultados similares a los obtenidos en este trabajo fueron reportados por Chen et al., (1997), estudiando diversas concentraciones de CO<sub>2</sub> en el crecimiento y desarrollo de plantas de fresa, ya que ellos también encontraron mediante el análisis de crecimiento mayor peso seco de plantas por unidad de área foliar.

Al realizar la comparación de medias para los tratamientos a los 54 d.d.t. (Cuadro 1) se encontró que los solarizados superaron en la producción de biomasa seca de hojas ya que produjeron de 15 a 47% más materia seca que el tratamiento testigo absoluto (suelo no solarizado y sin incorporación de resina de gobernadora al suelo). En este periodo de muestreo las hojas tuvieron el mayor peso seco en comparación con los otros componentes. En cuanto al peso seco de los tallos a los 54 d.d.t. los tratamientos solarizados superaron con 38% en promedio a los no solarizados; pero el incremento de esta variable fluctuó en el rango de 29 a 47% más materia seca producida que el testigo, mientras que el incremento

de la biomasa seca de los pecíolos fue mas notable que en las variables antes mencionadas, ya que en promedio se tuvo 45.5% más peso seco de pecíolos que los tratamientos no solarizados; sin embargo el rango de incremento fue del 13 al 78%. En el mismo Cuadro 1 se puede notar que el máximo incremento de materia seca por planta en los tratamientos solarizados correspondió a las raíces ya que las plantas solarizadas tuvieron un incremento promedio de 75% más de sistema radicular con respecto al testigo.

**Cuadro 1. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 54 d.d.t. de los componentes de las plantas de brócoli, a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| <b>Materia seca (gramos/planta)</b> |                   |                 |                 |                 |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Tratamientos</b>                 | <b>Hojas</b>      | <b>Tallos</b>   | <b>Pecíolos</b> | <b>Raíces</b>   |
| <b>•70/40<sup>o</sup></b>           | <b>27.37 abcd</b> | <b>5.47 a</b>   | <b>7.52 ab</b>  | <b>1.86 abc</b> |
| <b>70/20</b>                        | <b>34.92 a</b>    | <b>5.26 a</b>   | <b>8.67 a</b>   | <b>2.46 a</b>   |
| <b>70/0</b>                         | <b>31.36 ab</b>   | <b>3.68 cd</b>  | <b>5.52 bcd</b> | <b>1.73 bcd</b> |
| <b>40/40</b>                        | <b>29.62 abcd</b> | <b>4.68 abc</b> | <b>6.62 abc</b> | <b>1.88 ab</b>  |
| <b>40/20</b>                        | <b>28.63 abcd</b> | <b>4.96 ab</b>  | <b>7.00 ab</b>  | <b>1.54 bcd</b> |
| <b>40/0</b>                         | <b>30.68 abc</b>  | <b>4.82 abc</b> | <b>7.63 a</b>   | <b>1.68 bcd</b> |
| <b>0/40</b>                         | <b>22.12 cd</b>   | <b>3.38 d</b>   | <b>4.22 d</b>   | <b>1.25 cde</b> |
| <b>0/20</b>                         | <b>20.92 d</b>    | <b>3.08 d</b>   | <b>3.47 d</b>   | <b>0.79 e</b>   |
| <b>0/0</b>                          | <b>23.79 bcd</b>  | <b>3.73 bcd</b> | <b>4.86 cd</b>  | <b>1.14 de</b>  |
| <b>Sig.</b>                         | <b>** (A)</b>     | <b>** (A)</b>   | <b>** (A)</b>   | <b>** (A)</b>   |
| <b>Sig.</b>                         | <b>NS (B)</b>     | <b>NS (B)</b>   | <b>NS (B)</b>   | <b>NS (B)</b>   |
| <b>C.V. (%)</b>                     | <b>22.79</b>      | <b>19.81</b>    | <b>23.17</b>    | <b>27.04</b>    |
| <b>DMS (0.05)</b>                   | <b>9.17</b>       | <b>1.24</b>     | <b>2.08</b>     | <b>0.05</b>     |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>o</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

Al hacer la comparación de medias para los tratamientos a los 69 d.d.t. se observó en el Cuadro 2, que el valor de peso seco de hojas en los tratamientos solarizados mostró un

incremento de 16 a 27% más que el testigo; en cuanto a la materia seca de tallos los tratamientos solarizados superaron en promedio 40% mas materia seca que el testigo.

Con respecto al peso seco de pecíolos (Cuadro 2), los porcentajes de incremento de los tratamientos solarizados fluctuaron de 35 a 55% más que el testigo; en cuanto al peso seco de raíces los tratamientos solarizados superaron en promedio 46.5% más que al testigo. En cuanto al peso seco de las inflorescencias se detecto un significativo incremento de esta variable, ya que el incremento en los tratamientos solarizados en comparación con el testigo fue de 192 a 389%, más producción de materia seca, en lo cual se refleja la bondad de los tratamientos solarizados, porque esto significa mayor rendimiento y consecuentemente mas rentabilidad del cultivo para el productor de este tipo de cultivos hortícolas.

**Cuadro 2. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 69 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| <b>Materia seca (gramos/planta)</b> |              |               |                 |               |                        |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|------------------------|
| <b>Tratamientos</b>                 | <b>Hojas</b> | <b>Tallos</b> | <b>Pecíolos</b> | <b>Raíces</b> | <b>Inflorescencias</b> |
| •70/40°                             | 45.44 ab     | 9.80 a        | 19.24 a         | 5.63 ab       | 1.04 a                 |
| 70/20                               | 47.10 a      | 9.43 a        | 19.15 a         | 5.92 ab       | 0.85 ab                |
| 70/0                                | 49.99 a      | 9.80 a        | 19.09 a         | 6.31 a        | 1.06 a                 |
| 40/40                               | 46.63 ab     | 9.48 a        | 15.94 abc       | 5.40 b        | 0.85 ab                |
| 40/20                               | 48.71 a      | 9.73 a        | 17.41 a         | 5.59 ab       | 1.37 a                 |
| 40/0                                | 46.26 ab     | 9.29 a        | 16.73 ab        | 5.55 b        | 0.82 AB                |
| 0/40                                | 34.96 c      | 5.64 b        | 10.37 d         | 3.80 c        | 0.21 c                 |
| 0/20                                | 39.63 bc     | 6.79 b        | 12.83 bcd       | 4.31 c        | 0.36 bc                |
| 0/0                                 | 39.15 bc     | 6.64 b        | 12.39 cd        | 4.00 c        | 0.28 bc                |
| Sig.                                | ** (A)       | ** (A)        | ** (A)          | ** (A)        | ** (A)                 |
| Sig.                                | NS (B)       | NS (B)        | NS (B)          | NS (B)        | NS (B)                 |
| C.V. (%)                            | 11.51        | 15.16         | 18.03           | 9.76          | 54.06                  |
| DMS (0.05)                          | 7.38         | 1.87          | 4.16            | 0.73          | 0.59                   |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40°, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

Al realizar la comparación de medias de los tratamientos a los 84 d.d.t. (Cuadro 3), se detectó claramente que el peso seco de hojas de los tratamientos solarizados se incrementó de 22 a 52% más que el testigo. En cuanto al peso seco de tallos se observó que los tratamientos solarizados superaron en promedio al testigo con 61.5%. Para peso seco de pecíolos los tratamientos solarizados reportaron un incremento en el rango de 40 a 86% más que el testigo. El peso seco de raíces mostró que los tratamientos solarizados superaron en promedio con 45% más que el testigo, esto es importante porque un mayor sistema radicular tiene implicaciones directas favorables para las plantas, debido a que se incrementa el absorción de agua y nutrientes, además le permite un mejor anclaje y soporte a la planta (Hartmann et al., 1981). Para peso seco de inflorescencias se observó un significativo incremento de esta variable en los tratamientos solarizados que estuvo en el rango de 199 a 239% más que el testigo.

**Cuadro 3. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 84 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| <b>Materia seca (gramos/planta) .</b> |             |              |                |             |                        |
|---------------------------------------|-------------|--------------|----------------|-------------|------------------------|
| <b>Tratamientos.</b>                  | <b>Hoja</b> | <b>Tallo</b> | <b>Pecíolo</b> | <b>Raíz</b> | <b>Inflorescencias</b> |
| •70/40°                               | 69.50 b     | 20.60 ab     | 29.48 cd       | 8.84 bc     | 20.76 ab               |
| 70/20                                 | 70.76 a     | 20.69 ab     | 30.67 bc       | 9.37 bc     | 20.16 b                |
| 70/0                                  | 78.45 a     | 22.39 a      | 34.36 a        | 10.89 a     | 22.78 a                |
| 40/40                                 | 68.36 b     | 18.02 c      | 32.78 ab       | 8.74 bc     | 20.08 b                |
| 40/20                                 | 62.22 b     | 19.50 bc     | 27.63 de       | 9.92 ab     | 21.57 ab               |
| 40/0                                  | 63.47 b     | 18.73 c      | 25.97 e        | 9.41 ab     | 20.79 ab               |
| 0/40                                  | 50.13 c     | 13.58 d      | 20.18 f        | 6.58 d      | 7.47 c                 |
| 0/20                                  | 47.47 c     | 12.98 d      | 19.07 f        | 7.86 cd     | 6.68 c                 |
| 0/0                                   | 51.65 c     | 12.51 d      | 18.50 f        | 6.77 d      | 6.71 c                 |
| Sig.                                  | ** (A)      | ** (A)       | ** (A)         | ** (A)      | ** (A)                 |
| Sig.                                  | NS (B)      | NS (B)       | NS (B)         | NS (B)      | NS (B)                 |
| C.V. (%)                              | 9.80        | 7.01         | 13.61          | 11.97       | 10.37                  |
| DMS (0.05)                            | 8.87        | 1.79         | 2.52           | 1.51        | 2.55                   |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40°, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

La comparación de medias a los 99 d.d.t. (Cuadro 4) para peso seco de hoja muestra que hubo un incremento significativo para los tratamientos solarizados, los cuales acumularon de 21 a 62% más biomasa foliar que los tratamientos no solarizados. En cuanto al peso seco de tallos, los tratamientos solarizados reportan un incremento de 9 a 35% más que los tratamientos no solarizados; por lo que respecta al peso seco de pecíolos, las plantas de los tratamientos solarizados reportan un incremento del 5 al 70% más que el tratamiento testigo, en cuanto al peso seco de raíz, los tratamiento solarizados superaron en 46 % en promedio a los tratamientos no solarizados.

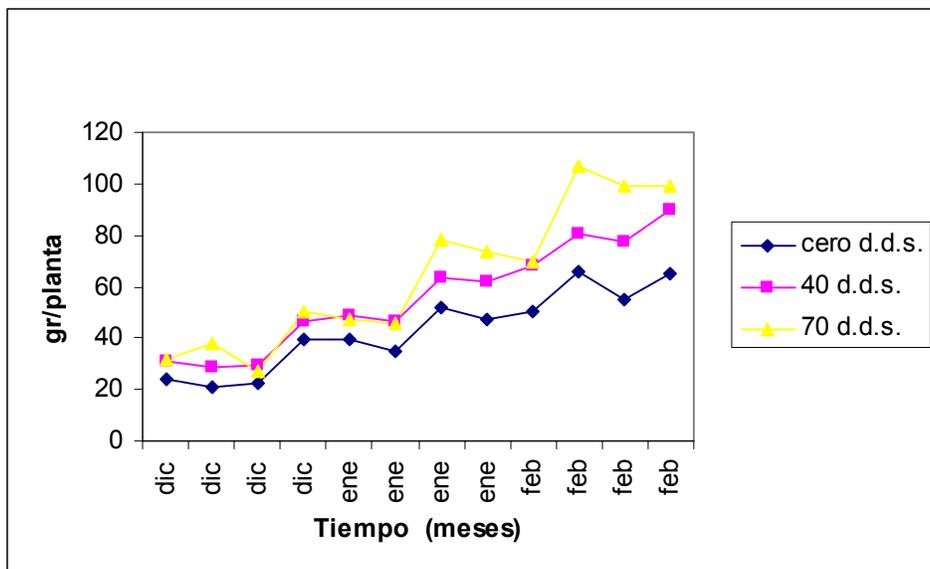
Al realizar la comparación de medias del peso seco de inflorescencias a los 99 d.d.t. los tratamientos solarizados en el mismo Cuadro 4 se muestra un incremento promedio de 22.5% más que los tratamientos no solarizados. En este último muestreo se observa claramente que los incrementos de los tratamientos solarizados para todos los componentes de la planta fue menor en comparación con los muestreos anteriores, esto se puede explicar en función de la mayor la precocidad de las plantas de brócoli que mostraron los tratamientos solarizados en comparación con los no solarizados .

**Cuadro 4. Comparación de medias y análisis de varianza de materia seca a los 99 d.d.t. del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| <b>Materia seca (gramos/planta)</b> |              |               |                 |               |                        |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|------------------------|
| <b>Tratamientos</b>                 | <b>Hojas</b> | <b>Tallos</b> | <b>Pecíolos</b> | <b>Raíces</b> | <b>Inflorescencias</b> |
| •70/40 <sup>□</sup>                 | 99.03 ab     | 27.61 ab      | 31.23 def       | 12.44 bcd     | 65.96 ab               |
| 70/20                               | 99.42 ab     | 28.48 a       | 40.53 bc        | 12.82 bc      | 66.94 ab               |
| 70/0                                | 106.8 a      | 28.8 a        | 46.45 ab        | 15.72 a       | 71.84 a                |
| 40/40                               | 90.08 bc     | 24.86 abc     | 50.11 a         | 13.75 abc     | 65.50 ab               |
| 40/20                               | 79.73 cde    | 27.20 ab      | 39.30 bcd       | 14.22 ab      | 68.07 a                |
| 40/0                                | 80.68 cd     | 23.26 bc      | 35.18 cde       | 13.28 abc     | 56.93 bc               |
| 0/40                                | 64.54 def    | 23.26 bc      | 23.77 f         | 9.28 e        | 56.93 bc               |
| 0/20                                | 55.34 ef     | 20.57 c       | 26.18 f         | 11.40 cde     | 51.35 c                |
| Sig.                                | ** (A)       | ** (A)        | ** (A)          | ** (A)        | ** (A)                 |
| Sig.                                | NS (B)       | NS (B)        | NS (B)          | NS (B)        | NS (B)                 |
| C.V. (%)                            | 13.39        | 12.03         | 16.39           | 15.01         | 12.12                  |
| DMS (0.05)                          | 16.00        | 4.36          | 8.51            | 2.72          | 10.86                  |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>□</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

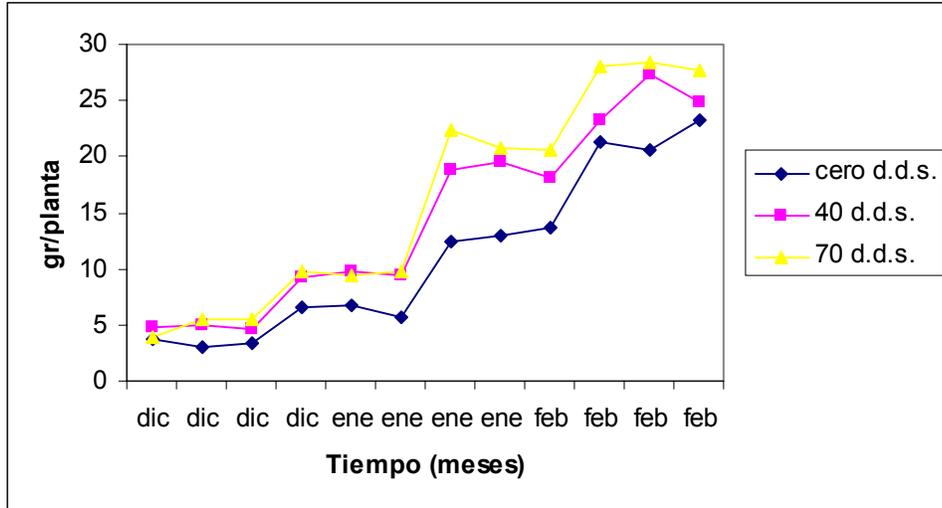
La Figura 2 se elaboro con la finalidad de mostrar y comparar gráficamente las diferencias entre la biomasa seca producida por plantas en los tratamientos sometidos a 70, 40 y 0 días de solarización con respecto al tiempo. En este grafico se observa un incremento significativo para los tratamientos solarizados en el peso seco de hojas hasta la tercera semana de Enero, mientras que para el tratamiento de 70 d.d.s. la biomasa producida tuvo un incremento de 50% más que los tratamientos no solarizados. En la misma Figura 2 también se puede apreciar que para la tercera semana de Febrero el tratamiento con 70 d.d.s. logró un incremento de 63% más peso seco de hojas que las plantas de los tratamientos no solarizados.



Días de solarización (d.d.s)

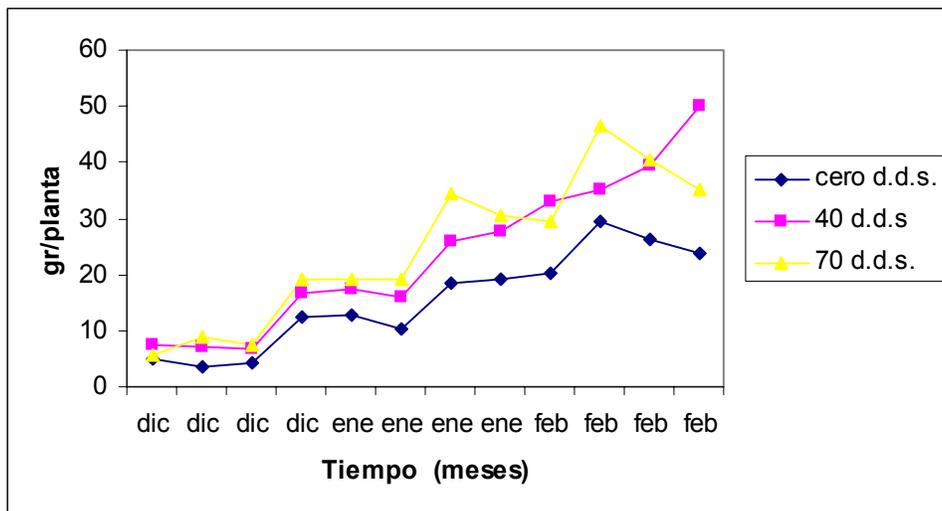
**Figura 2. Comportamiento del peso seco de hojas durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora**

Por lo que respecta a la variable de peso seco de tallo acumulado por planta durante el ciclo del cultivo, en la Figura 3 se observa que para la tercera semana de Enero el tratamiento solarizado durante 70 días, mostró un incremento de 85% más que el tratamiento no solarizado y para la tercera semana de Febrero en el tratamiento con 80 d.d.s. se detecto un incremento de 38% más que el no solarizado. Es importante señalar que en este gráfico no se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos solarizados durante 40 y 70 días; en términos generales esto sigue que periodos prolongados de solarización durante el ciclo otoño-invierno no resultan ser más benéficos para las plantas.



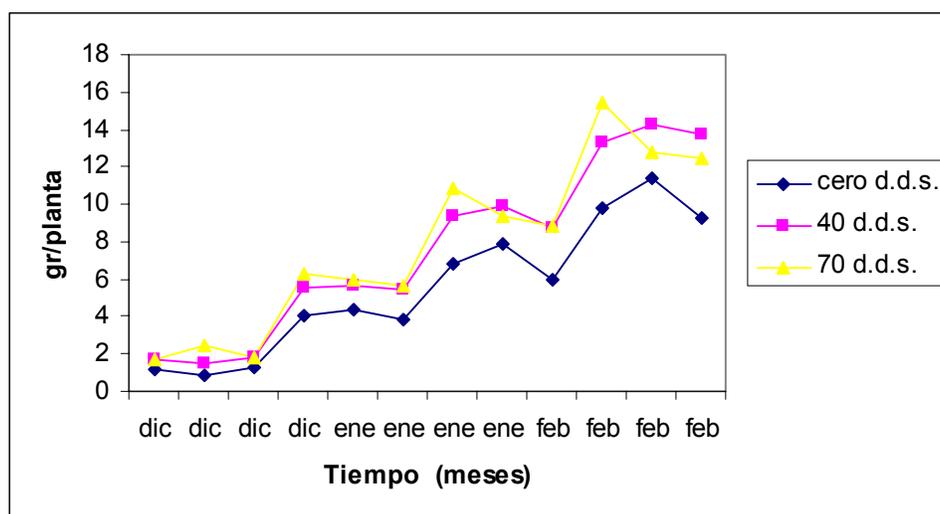
**Figura 3. Comportamiento del peso seco de tallos durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

Por su parte la Figura 4 muestra una clara diferencia en el incremento de peso seco de pecíolos en gr/planta para los tratamientos solarizados y los no solarizados. Esta diferencia se hace notoria hasta la tercera semana de Enero, que es cuando los tratamientos solarizados logran superar con 85% a las plantas de los tratamientos no solarizados. Se observa también que para la última semana de Febrero el tratamiento de 40 d.d.s. muestra gran diferencia en peso seco de pecíolos incrementándose hasta un 110% más que el tratamiento no solarizado.



**Figura 4. Comportamiento del peso seco de pecíolos durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora**

Los resultados generados en este trabajo indican que hasta la tercera semana de Enero se mostraron claras diferencias en el incremento de peso seco de raíces para el tratamiento con 70 d.d.s, ya que se detectó un incremento de 57% más que en el tratamiento no solarizado (Figura 5). Esta diferencia entre tratamientos siguió manifestándose claramente durante el resto del ciclo y para la segunda semana de Febrero se apreció un incremento de 59% más en el tratamiento con 70 d.d.s. en comparación que el testigo.

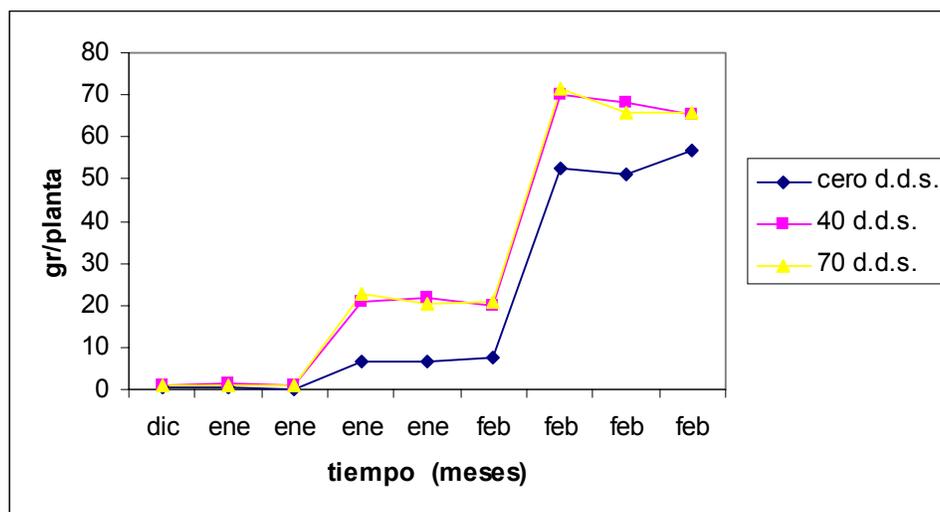


**Figura 5. Comportamiento del peso seco de raíces durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

En cuanto a la producción de peso en gr/planta de inflorescencias, en la Figura 6 se observa que hasta la última semana de Diciembre y la segunda de Enero los tratamientos solarizados y los no solarizados son iguales entre si, en cambio, para la ultima semana de

Enero ya se aprecia una clara diferencia en el peso seco de inflorescencias, debido a que los tratamientos solarizados muestran un incremento de 240% mas que el tratamiento no solarizado. Para la segunda semana de Febrero se observa que la diferencia entre tratamientos solarizados y no solarizados sigue siendo similar, sin embargo, se logra apreciar un notable incremento de producción peso seco de inflorescencias en todos los tratamientos en relación con la semana anterior.

Lo antes señalado posiblemente se debió a que el cultivo entró en la etapa de madurez, lo cual se reflejó en una mayor producción de inflorescencias de brócoli. Es interesante señalar que desde el inicio de la producción de inflorescencias o pellas, no se observó ninguna diferencia entre los tratamientos de 40 y 70 d.d.s., esto refleja una vez más lo que anteriormente se había señalado en relación con el efecto de los tiempos de solarización sobre esta variable durante el ciclo otoño-invierno



**Figura 6. Comportamiento del peso seco de las inflorescencias durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

### Área Foliar

La intercepción de la radiación solar por el follaje de las plantas es de gran importancia para la productividad de los cultivos así como para su eficiencia productiva, es

por ello la importancia de conocer y determinar el área foliar de los cultivos. Los resultados del análisis de varianza para el área foliar a los 54, 69, 84 y 99 d.d.t. muestran que para el factor A (solarización) si se detectaron diferencias altamente significativas mientras que para el factor B no existen diferencias significativas (dosis de resina), (Cuadro 5). Un comportamiento similar en el incremento del área foliar determinado mediante el análisis de crecimiento ha sido reportado en el cultivo de pepino por Chen et al., (1999), quienes encontraron que la tasa de expansión diaria del área foliar se incrementó significativamente a concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> .

En el Cuadro 5 se aprecia el efecto positivo de la solarización en el incremento del área foliar, lo cual no se pudo apreciar por efecto de las dosis de resina. La comparación de medias para los tratamientos a los 54 d.d.t. indica que para este periodo los tratamientos solarizados lograron un incremento promedio en el área foliar de 30% más que el testigo

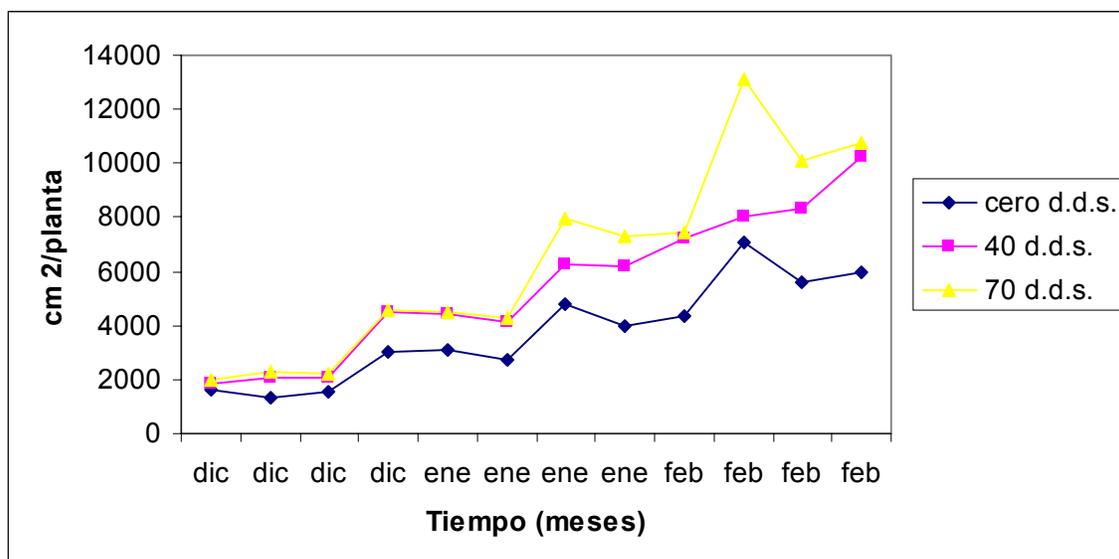
La comparación de medias a los 84 d.d.t. muestra que los tratamientos solarizados se incrementaron 44% más el área foliar en comparación con el testigo (Cuadro 5). La comparación de medias a los 99 d.d.t. reporta que en los tratamientos solarizados se incremento el área foliar en aproximadamente 50% más que el testigo, esto indica que el área foliar se incrementa con respecto al tiempo.

**Cuadro 5. Comparación de medias y análisis de varianza del área foliar en (cm<sup>2</sup>) del cultivo de brócoli sometido a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Tratamientos | 54 d.d.t.  | 69 d.d.t.    | 84 d.d.t.  | 99 d.d.t.   |
|--------------|------------|--------------|------------|-------------|
| •70/40°      | 2126.98 ab | 4267.94 ab   | 7463.50 AB | 10733.56 b  |
| 70/20        | 2273.58 a  | 3521.21 abcd | 7325.24 AB | 10105.40 bc |
| 70/0         | 2005.24 ab | 4529.90 a    | 7950.81 a  | 13084.52 a  |
| 40/40        | 2052.77 ab | 4126.02 abc  | 7199.15 b  | 10272.29 bc |
| 40/20        | 2067.24 ab | 4438.26 a    | 6215.16 c  | 8325.95 cd  |
| 40/0         | 1870.27 bc | 4472.70 a    | 6259.25 c  | 8045.85 d   |
| 0/40         | 1522.10 cd | 2736.71 d    | 4312.50 de | 6000.06 e   |
| 0/20         | 1326.76 d  | 3181.93 bcd  | 3990.61 e  | 5564.52 e   |
| 0/0          | 1589.09 cd | 2994.22 cd   | 4767.15 d  | 7063.48 de  |
| Sig.         | ** (A)     | ** (A)       | ** (A)     | ** (A)      |
| Sig.         | NS (B)     | NS (B)       | NS (B)     | NS (B)      |
| C.V (%)      | 13.33      | 22.24        | 7.67       | 15.87       |
| DMS (0.05)   | 362.73     | 1231.51      | 686.35     | 2025.75     |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>o</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

En la Figura 7 se aprecia que hasta la tercera semana de Enero, el tratamiento con 70 d.d.s. se incrementó el área foliar en 67% más que en el tratamiento no solarizado. Para la segunda semana de Febrero se muestra el valor más alto de área foliar en el tratamiento de 80 d.d.s. el cual se incrementa un 85% más que el no solarizado. En la ultima semana de Febrero se detectó que en los tratamientos solarizados el área foliar se incrementó un 79% más que en el tratamiento no solarizado.



**Figura 7. Comportamiento del área foliar durante el ciclo del cultivo de rúcoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

### Índice de área foliar

Los resultados del análisis de varianza para el índice de área foliar (Cuadro 6) durante las cuatro fechas de muestreo no reportaron en ningún caso diferencias significativas para el factor B (dosis de resina) mientras que para el factor A (solarización) si se indica que existen diferencias altamente significativas, esto sugiere que el factor A es el que tuvo efecto en el índice de área foliar en el cultivo de brócoli. La comparación de medias para los tratamientos a los 54, 69, 84 y 99 d.d.t. indican que en los tratamientos

solarizados el índice de área foliar se incrementó 33, 48, 49.5 y 33% respectivamente más que el testigo. Chen et al., (1997), estudiando diversas concentraciones de CO<sub>2</sub> en el crecimiento y desarrollo de plantas de fresa también encontraron mediante el análisis de crecimiento mayor índice de área foliar y peso seco plantas por unidad de área foliar.

**Cuadro 6. Comparación de medias y análisis de varianza del índice de área foliar del cultivo de brócoli sometidos a diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Tratamientos | 54 d.d.t. | 69 d.d.t. | 84 d.d.t. | 99 d.d.t. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| •70/40°      | 0.21 ab   | 0.42 a    | 0.74 ab   | 1.07 b    |
| 70/20        | 0.22 a    | 0.44 a    | 0.72 ab   | 1.01 bc   |
| 70/0         | 0.20 ab   | 0.45 a    | 0.79 a    | 1.30 a    |
| 40/40        | 0.20 ab   | 0.41 a    | 0.71 b    | 1.02 bc   |
| 40/20        | 0.20 ab   | 0.44 a    | 0.62 c    | 0.83 cd   |
| 40/0         | 0.18 bc   | 0.44 a    | 0.62 c    | 0.80 d    |
| 0/40         | 0.15 cd   | 0.27 b    | 0.43 de   | 0.59 e    |
| 0/20         | 0.13 d    | 0.31 b    | 0.39 e    | 0.55 e    |
| 0/0          | 0.15 cd   | 0.29 b    | 0.47 d    | 0.70 de   |
| Sig.         | ** (A)    | ** (A)    | ** (A)    | ** (A)    |
| Sig.         | NS (B)    | NS (B)    | NS (B)    | NS (B)    |
| C.V (%)      | 13.38     | 12.76     | 7.75      | 15.86     |
| DMS (0.05)   | 0.0363    | 0.0725    | 0.0693    | 0.2024    |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40°, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

### **Coefficiente de Partición de Biomasa.**

Los resultados del análisis de varianza para el coeficiente de partición de biomasa a los 54 d.d.t., para hojas y pecíolos (Cuadro 7) indican que existen diferencias altamente significativas para el factor solarización, mientras que en las raíces se observaron diferencias significativas, en cambio para el tallo no hay diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados. La comparación de medias para la partición de

biomasa en tratamientos a los 54, 69 y 84 d.d.t. (Cuadros 7, 8 y 9.), para hojas no muestra tendencias claras que indiquen diferencias significativas en los tratamientos solarizados y no solarizados. Los resultados aquí presentados y obtenidos mediante el análisis de crecimiento tienen tendencias similares a las reportadas por Geraldo et al., (2000), quienes estudiaron la partición de biomasa seca y rendimiento de grano de variedades de mijo perla brasileñas y africanas.

En el Cuadro 7 donde se presenta la comparación de medias para el coeficiente de partición de biomasa a los 54 d.d.t. se aprecia que las plantas de brócoli en las etapas tempranas del desarrollo del cultivo, la producción de fotosintatos se orientaba a la formación de hojas, ya que este tejido vegetativo es de gran importancia para la planta, al realizar la actividad fotosintética. También se observa que el componente que le sigue a las hojas en mayor proporción son los pecíolos, las cuales también tienen una gran importancia en esa etapa temprana del cultivo.

**Cuadro 7. Comparación de medias y análisis de varianza para coeficiente de partición de biomasa a los 54 d.d.t. del cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| <b>Coeficiente de partición de biomasa</b> |              |               |                 |               |
|--|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| <b>Tratamientos</b>                        | <b>Hojas</b> | <b>Tallos</b> | <b>Pecíolos</b> | <b>Raíces</b> |
| •70/40 <sup>o</sup>                        | 0.6475       | 0.1261 a      | 0.1767 a        | 0.04420 ab    |
| 70/20                                      | 0.6773       | 0.1029 bc     | 0.1679 ab       | 0.04898 a     |
| 70/0                                       | 0.7308       | 0.0932 c      | 0.1312 cd       | 0.04077 ab    |
| 40/40                                      | 0.6931       | 0.1081 abc    | 0.1537 cd       | 0.04154 ab    |
| 40/20                                      | 0.6775       | 0.1176 abc    | 0.1666 ab       | 0.03510 abc   |
| 40/0                                       | 0.6844       | 0.1086 ab     | 0.1667 ab       | 0.03797 abc   |
| 0/40                                       | 0.7099       | 0.1093 b      | 0.1404 cd       | 0.03736 abc   |
| 0/20                                       | 0.7401       | 0.1088 b      | 0.1223 d        | 0.02719 c     |
| 0/0  | 0.7094       | 0.1112 b      | 0.1441 bcd      | 0.03356 bc    |
| Sig.                                       | ** (A)       | ** (A)        | ** (A)          | ** (A)        |
| Sig.                                       | NS (B)       | NS (B)        | NS (B)          | NS (B)        |
| C.V (%)                                    | 4.11         | 14.85         | 11.34           | 24.17         |
| DMS (0.05)                                 | 0.13         | 0.023         | 0.025           | 0.013         |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>o</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

La partición de biomasa a los 69 d.d.t. muestra un comportamiento bastante similar que el muestreo realizado 15 días antes (Cuadro 8), ya que para esta fecha las plantas de brócoli orientaron la partición de biomasa principalmente a la producción de hojas, seguido por pecíolos, tallos, raíces e inflorescencias. Para esta fecha de muestreo los coeficientes de partición de biomasa para el componente raíces se incrementó alrededor de un 100% en relación con el muestreo antes realizado. Es interesante hacer notar el inicio de la etapa reproductiva del cultivo de brócoli por que es cuando empieza la aparición de inflorescencias. De acuerdo con los datos estadísticos en los tratamientos solarizados se detectaron diferencias altamente significativas en la producción de inflorescencias en comparación con el testigo. Un efecto similar se detectó con tallos y pecíolos ya que los tratamientos solarizados superaron marcadamente al testigo.

**Cuadro 8. Comparación de medias y análisis de varianza para coeficiente de partición de biomasa a los 69 d.d.t. del cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Coeficiente de partición de biomasa |            |           |            |         |                 |
|-------------------------------------|------------|-----------|------------|---------|-----------------|
| Trat.                               | Hojas      | Tallos    | Pecíolos   | Raíces  | Inflorescencias |
| •70/40 <sup>□</sup>                 | 0.5601 d   | 0.1195 ab | 0.2363 a   | 0.07075 | 0.01097 a       |
| 70/20                               | 0.5725 cd  | 0.1152 ab | 0.2286 ab  | 0.07178 | 0.090 bc        |
| 70/0                                | 0.5793 bcd | 0.1131 ab | 0.2211 abc | 0.07329 | 0.01137 ab      |
| 40/40                               | 0.5958 b   | 0.1209 ab | 0.2012 cd  | 0.06912 | 0.01039 bc      |
| 40/20                               | 0.5880 bc  | 0.1169 ab | 0.2097 bcd | 0.06745 | 0.01525 a       |
| 40/0                                | 0.5879 bc  | 0.1179 ab | 0.2126 abc | 0.07053 | 0.00982 bc      |
| 0/40                                | 0.6350 a   | 0.1025 b  | 0.1875 d   | 0.07071 | 0.003449 d      |
| 0/20                                | 0.6207 a   | 0.1061 b  | 0.1988 cd  | 0.06762 | 0.005726 cd     |
| 0/0                                 | 0.6268 a   | 0.1062 b  | 0.1976 cd  | 0.06426 | 0.004504 cd     |
| Sig.                                | ** (A)     | ** (A)    | ** (A)     | ** (A)  | ** (A)          |
| Sig.                                | NS (B)     | NS (B)    | NS (B)     | NS (B)  | NS (B)          |
| C.V.(%)                             | 2.56       | 17.02     | 7.91       | 9.31    | 43.74           |
| DMS (0.05)                          | 0.0221     | 0.0287    | 0.0241     | 0.0094  | 0.0060          |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>□</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

A medida que avanza el ciclo del cultivo los coeficientes de partición de biomasa comienzan a mostrar una tendencia claramente diferente, por que los fotosintatos

orientados a las hojas son en menor proporción que en los dos muestreos anteriores (Cuadro 9), ya que los coeficientes de partición de biomasa a los 84 d.d.t. para las inflorescencias se incrementan aproximadamente 10 veces más en relación con el muestreo anterior; además se observaron diferencias altamente significativas a favor de los tratamientos solarizados en comparación con los testigos, ya que las plantas de los tratamientos solarizados estaban produciendo casi un 100% más biomasa en las inflorescencias que los tratamientos no solarizados.

**Cuadro 9. Comparación de medias y análisis de varianza para coeficiente de partición de biomasa a los 84 d.d.t. del cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| <b>Coefficiente de partición de biomasa</b> |              |               |                 |               |                        |
|---|--------------|---------------|-----------------|---------------|------------------------|
| <b>Trat.</b>                                | <b>Hojas</b> | <b>Tallos</b> | <b>Pecíolos</b> | <b>Raíces</b> | <b>Inflorescencias</b> |
| •70/40 <sup>□</sup>                         | 0.4650 cd    | 0.1386 a      | 0.1966 ab       | 0.05914 c     | 0.1394 b               |
| 70/20                                       | 0.4755 c     | 0.1341 ab     | 0.1988 ab       | 0.05986 bc    | 0.1298 b               |
| 70/0  | 0.4645 cd    | 0.1328 ab     | 0.2028 ab       | 0.06456 bc    | 0.1346 b               |
| 40/40                                       | 0.4608 cd    | 0.1215 b      | 0.2219 a        | 0.05881 c     | 0.1355 b               |
| 40/20                                       | 0.4392 d     | 0.1384 a      | 0.1960 ab       | 0.07042 b     | 0.1531 ab              |
| 40/0  | 0.4587 cd    | 0.1352 a      | 0.1866 b        | 0.06805 bc    | 0.1501 a               |
| 0/40  | 0.5115 ab    | 0.1388 a      | 0.2060 ab       | 0.06714 bc    | 0.07601 b              |
| 0/20  | 0.5042 b     | 0.1381 a      | 0.2016 ab       | 0.0834 a      | 0.07064 c              |
| 0/0   | 0.5375 a     | 0.1301 a      | 0.1848 b        | 0.07028 b     | 0.06934 c              |
| Sig.  | ** (A)       | ** (A)        | ** (A)          | ** (A)        | ** (A)                 |
| Sig.  | NS (B)       | NS (B)        | NS (B)          | NS (B)        | NS (B)                 |
| C.V. (%)                                    | 3.78         | 6.63          | 10.63           | 10.62         | 16.82                  |
| DMS (0.05)                                  | 0.0263       | 0.0129        | 0.0308          | 0.0104        | 0.0294                 |

\*70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>□</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

La comparación de medias para los CPB durante el muestreo realizado a los 99 d.d.t. en la fase final de la etapa reproductiva, se presentan en el Cuadro 10. Mientras que la partición de biomasa para las inflorescencias va incrementándose notoriamente, ya que los CPB para esta variable son aproximadamente 100% mayor que los del muestreo realizado dos semanas antes. Aun y cuando se detectaron algunas diferencias significativas entre tratamientos solarizados y no solarizados, la tendencia ya no es tan clara a ser menor en el tratamiento testigo como anteriormente se observaba.

**Cuadro 10. Comparación de medias y análisis de varianza para coeficiente de partición de biomasa a los 99 d.d.t. del cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Coeficiente de partición de biomasa |           |             |          |            |                 |
|-------------------------------------|-----------|-------------|----------|------------|-----------------|
| Tratamientos.                       | Hojas     | Tallos      | Pecíolos | Raíz       | Inflorescencias |
| •70/40 <sup>o</sup>                 | 0.4188 a  | 0.1167 abcd | 0.1321   | 0.05247 b  | 0.2787 ab       |
| 70/20                               | 0.3995 ab | 0.1154 abcd | 0.1634   | 0.05089 b  | 0.2648 b        |
| 70/0                                | 0.3974 ab | 0.1042 cd   | 0.1729   | 0.05777 ab | 0.2668 b        |
| 40/40                               | 0.3671 bc | 0.1009 d    | 0.2022   | 0.05489 ab | 0.2636 b        |
| 40/20                               | 0.3332 c  | 0.1210 abc  | 0.1728   | 0.06311 ab | 0.3023 ab       |
| 40/0                                | 0.3852 ab | 0.1101 bcd  | 0.1652   | 0.06349 ab | 0.2666 b        |
| 0/40                                | 0.3649 bc | 0.1304 a    | 0.1315   | 0.05182 b  | 0.3190 a        |
| 0/20                                | 0.3355 c  | 0.1231 ab   | 0.1580   | 0.06907 a  | 0.3115 ab       |
| 0/0                                 | 0.3673 bc | 0.1190 abcd | 0.1632   | 0.05466 b  | 0.2934 ab       |
| Sig.                                | ** (A)    | ** (A)      | ** (A)   | ** (A)     | ** (A)          |
| Sig.                                | NS (B)    | NS (B)      | NS (B)   | NS (B)     | NS (B)          |
| C.V. (%)                            | 8.93      | 10.29       | 39.37    | 15.87      | 11.32           |
| DMS (0.05)                          | 0.0484    | 0.0173      | 0.0100   | 0.0134     | 0.0470          |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>o</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

### **Tasa de Crecimiento Relativo**

La velocidad de crecimiento y producción de biomasa de las plantas de brócoli se expreso mediante la tasa de crecimiento relativo (TCR) durante dos periodos en el desarrollo del cultivo. La TCR durante el periodo de 69 a 84 d.d.t. se presenta en el Cuadro 11 y de acuerdo a los resultados del análisis de varianza se muestra que en hojas hay diferencias altamente significativas para el factor solarización y en tallos, pecíolos, raíces e inflorescencias no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los dos factores.

De manera parecida a lo que aquí se consigna, Funnell et al., (1998), encontraron con el análisis de crecimiento que la tasa relativa de crecimiento y acumulación de materia seca se asociaba directamente con el incremento de materia seca y su partición al tejido foliar.

En el Cuadro 13 se presenta la TCR para el periodo de 84 a 99 d.d.t. En ambos casos se observaron diferencias significativas entre las cinco variables analizadas (hojas, tallos, pecíolos, raíces e inflorescencias), ya que los tratamientos solarizados fueron superior que los no solarizados; a excepción de la variable tallos durante el periodo 84-99 d.d.t., ya que en el tratamiento no solarizado se encontró una TCR superior que en los solarizados, situación que no logramos explicar con claridad.

**Cuadro 11. Comparación de medias y análisis de varianza para tasa de crecimiento relativo de los 69-84 d.d.t. del cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Tasa de crecimiento relativo (g.g <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) |           |          |          |        |                 |
|---|-----------|----------|----------|--------|-----------------|
| Tratamientos  | Hojas     | Tallos   | Pecíolos | Raíces | Inflorescencias |
| 70/40 <sup>a</sup>  | 0.031 a   | 0.051 ab | 0.029 b  | 0.029  | 0.21 ab         |
| 70/20   | 0.029 ab  | 0.052 ab | 0.033 ab | 0.030  | 0.21 ab         |
| 70/0  | 0.029 ab  | 0.055 ab | 0.038 ab | 0.036  | 0.20 ab         |
| 40/40   | 0.025 abc | 0.042 b  | 0.049 a  | 0.093  | 0.21 ab         |
| 40/20   | 0.016 cd  | 0.046 ab | 0.030 ab | 0.032  | 0.18 b          |
| 40/0  | 0.021 bcd | 0.046 ab | 0.028 b  | 0.035  | 0.21 ab         |
| 0/40  | 0.024 abc | 0.058 a  | 0.044 ab | 0.035  | 0.24 a          |
| 0/20  | 0.012 d   | 0.043 b  | 0.026 b  | 0.039  | 0.19 b          |
| 0/0   | 0.018 cd  | 0.042 b  | 0.032 ab | 0.034  | 0.21 ab         |
| Sig.  | ** (A)    | ** (A)   | ** (A)   | ** (A) | ** (A)          |
| Sig.  | NS (B)    | NS (B)   | NS (B)   | NS (B) | NS (B)          |
| C.V. (%)  | 31.12     | 21.03    | 36.56    | 16.61  | 16.35           |
| DMS (0.05)  | 0.0105    | 0.0135   | 0.0149   | 0.0091 | 0.0160          |

<sup>a</sup>70, 40 y 0 días de solarización; <sup>b</sup>40, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

En la tasa de crecimiento relativo de los 84-99 d.d.t. los resultados del análisis de varianza muestran que existen diferencias altamente significativas para tallos y significativas para hojas y flores en el Factor A (Solarización) y no significativas para pecíolos y raíces en ninguno de los dos factores (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Comparación de medias y análisis de varianza para tasa de crecimiento relativo de los 84-99 d.d.t. del cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Tasa de crecimiento relativo ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ ) |           |           |           |          |                 |
|---|-----------|-----------|-----------|----------|-----------------|
| Tratamientos.   | Hojas     | Tallos    | Pecíolos  | Raíz     | Inflorescencias |
| •70/40 <sup>a</sup>   | 0.023 a   | 0.019 bc  | 0.017 b   | 0.022    | 0.077 b         |
| 70/20   | 0.019 ab  | 0.021 bc  | 0.018 abc | 0.020    | 0.079 a         |
| 70/0  | 0.020 ab  | 0.014 c   | 0.020 abc | 0.023    | 0.076 b         |
| 40/40   | 0.018 abc | 0.021 bc  | 0.027 ab  | 0.028    | 0.077 b         |
| 40/20   | 0.012 bc  | 0.022 abc | 0.022 abc | 0.024    | 0.076 b         |
| 40/0  | 0.015 abc | 0.014 c   | 0.019 abc | 0.022    | 0.065 b         |
| 0/40  | 0.017 abc | 0.035 a   | 0.010 c   | 0.022    | 0.13 a          |
| 0/20  | 0.010 c   | 0.029 a   | 0.021 abc | 0.024    | 0.13 a          |
| 0/0   | 0.015 abc | 0.035 a   | 0.032 a   | 0.024    | 0.13 a          |
| Sig.  | * (A)     | ** (A)    | N.S. (A)  | N.S (A). | ** (A)          |
| Sig.  | NS (B)    | NS (B)    | NS (B)    | NS (B)   | NS (B)          |
| C.V. (%)  | 34.66     | 39.04     | 48.40     | 26.09    | 11.49           |
| DMS (0.05)  | 0.0086    | 0.0135    | 0.0149    | 0.0091   | 0.0169          |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>a</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad  $P=0.05$

### **Tasa de Asimilación Neta**

Los valores de la tasa de asimilación neta (TAN) durante los tres periodos de crecimiento y desarrollo analizados, se presentan en el Cuadro 13. Para el periodo de los 54-69 d.d.t. no se observaron diferencias significativas claras entre los tratamientos estudiados, sin embargo, el tratamiento no solarizado con 20 kg de resina resultó ser el que reportó el mayor valor de TAN ( $11.12\text{ g}/\text{m}^2\text{ dia}^{-1}$ ), lo que sugiere una mayor velocidad o aceleramiento de la actividad fotosintética de este tratamiento no solarizado en comparación con los solarizados, al inicio del desarrollo vegetativo del cultivo de brócoli. Una situación similar se presentó también al final del ciclo del cultivo durante el periodo 84-99 d.d.t., en donde los tratamientos no solarizados superaron en la TAN a los

tratamientos solarizados. En el trabajo reciente de Steinmaus y Norris (2002), también se reporta que la tasa de asimilación neta determinada mediante el análisis de crecimiento se vio significativamente afectada por variables ambientales y por características fisiológicas de las plantas estudiadas.

Para la tasa de asimilación neta de los 69-84 d.d.t. los resultados del análisis de varianza muestran que no existen diferencias significativas en el factor B (dosis de resina), mientras que para el factor A (solarización) si existen diferencias altamente significativas. La comparación de medias para los tratamientos muestran que la tasa de asimilación neta en el tratamiento de 70 d.d.s. con cero kg/ha de resina se incrementó un 67% más que el testigo (Cuadro 13).

En la tasa de asimilación neta de los 84-99 d.d.t. los resultados del análisis de varianza muestran que no existen diferencias significativas para el Factor B (dosis de resina) mientras que para el Factor A (solarización) si existen diferencias altamente significativas (Cuadro 13). La comparación de medias para los tratamientos muestran que la tasa de asimilación neta es mayor en los tratamientos no solarizados con respecto a los no solarizados, este aumento en los tratamientos no solarizados se debe a que en este período de los 84-99 d.d.t es la etapa de mayor producción de biomasa, ya que en los tratamientos solarizados su etapa de mayor producción de biomasa fue en el periodo de los 69-84 d.d.t.

**Cuadro 13. Comparación de medias y análisis de varianza para tasa de asimilación neta en el cultivo de brócoli para los diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Tasa de asimilación neta ( $\text{g/m}^2 \text{ día}^{-1}$ ) |             |              |              |
|--|-------------|--------------|--------------|
| Trat.  | 54-69 d.d.t | 69-84 d.d.t. | 84-99 d.d.t. |
| •70/40°  | 8.15 ab     | 8.12 a       | 6.49 c       |
| 70/20  | 6.00 b      | 8.35 a       | 7.21 c       |
| 70/0   | 9.60 ab     | 8.94 a       | 6.48 c       |
| 40/40  | 7.93 ab     | 8.45 a       | 7.49bc       |
| 40/20  | 8.71 ab     | 7.32 ab      | 7.82 bc      |
| 40/0   | 7.56 ab     | 7.26 ab      | 6.68 c       |
| 0/40   | 7.79 ab     | 8.32 a       | 10.54 a      |
| 0/20   | 11.12 a     | 5.66 b       | 10.09 a      |
| 0/0  | 8.82 ab     | 5.35 b       | 9.40 ab      |
| Sig.   | NS (A)      | ** (A)       | ** (A)       |

|            |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|
| Sig.       | NS (B) | NS (B) | NS (B) |
| C.V. 9%)   | 32.20  | 20.31  | 17.83  |
| DMS (0.05) | 3.93   | 2.22   | 2.07   |

\*70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>o</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

### **Relación de Área Foliar**

La relación del área foliar durante el periodo de los 54 a 69 d.d.t. (Cuadro 14) determinada con los resultados del análisis de varianza, muestran que no existen diferencias significativas para los dos factores estudiados (solarización y dosis de resina). La comparación de medias para los tratamientos muestran que la relación de área foliar en los tratamientos solarizados se incremento de 3 a 9% más que el testigo. Taub (2002), también utilizo la técnica de análisis de crecimiento para determinar la relación de área foliar de 17 especies de pastos C-3 sometidos a diferentes dosis de nitrógeno aplicadas.

Para la relación de área foliar de los 69-84 y 84-99 d.d.t. los resultados del análisis de varianza muestran que existen diferencias altamente significativas en el factor A (Solarización). La comparación de medias para los tratamientos de los 69-84 d.d.t. muestra que en la relación del área foliar no hay diferencias muy marcadas ya que el tratamiento de 70 d.d.s. con 40 kg/ha de resina solo se incrementó 0.8 % mas que el tratamiento testigo (cuadro 14). La comparación de medias para los tratamientos de los 84-99 d.d.t. muestra que en la relación del área foliar los tratamientos 70/40 y 70/0 se incrementaron en promedio 7% más que el testigo.

**Cuadro 14. Comparación de medias y análisis de varianza para la relación de área foliar del cultivo de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Relación de área foliar (cm <sup>2</sup> . g <sup>-1</sup> ) |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos   | 54-69 d.d.t. | 69-84 d.d.t. | 84-99 d.d.t. |
| •70/40°  | 52.40        | 51.40 a      | 47.84 a      |
| 70/20  | 51.06        | 51.31 a      | 44.12 abc    |
| 70/0   | 50.98        | 50.21 a      | 47.81 a      |
| 40/40  | 50.47        | 50.63 a      | 45.24 ab     |
| 40/20  | 51.43        | 48.95 ab     | 40.61 cd     |
| 40/0   | 49.58        | 51.02 a      | 41.86 bcd    |
| 0/40   | 49.04        | 46.82 b      | 38.89 d      |
| 0/20   | 48.43        | 46.03 b      | 38.66 d      |
| 0/0  | 47.78        | 50.95 a      | 44.61 abc    |
| Sig.   | NS (A)       | ** (A)       | ** (A)       |
| Sig.   | NS (B)       | NS (B)       | NS (B)       |
| C.V (%)  | 8.19         | 4.25         | 7.28         |
| DMS (0.05)   | 5.95         | 3.06         | 4.57         |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40°, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

### Relación de Peso Foliar

En la relación de peso foliar de los 54-69 y 69-84 d.d.t. los resultados del análisis de varianza muestran que existen diferencias altamente significativas en el Factor A (Solarización). La comparación de medias para los tratamientos de los 54-69 d.d.t. en la relación de peso foliar muestra que los tratamientos no solarizados superan en 10% a los tratamientos solarizados (Cuadro 15). La comparación de medias para los tratamientos de los 69-84 d.d.t. en la relación de peso foliar se observó que los tratamientos no solarizados se incrementa en 11% más que los tratamientos solarizados.

En la relación de peso foliar de los 84-99 d.d.t. los resultados del análisis de varianza muestran que no existen diferencias significativas para ninguno de los dos factores. La comparación de medias para los tratamientos en la relación del peso foliar

muestran que no existen diferencias significativas para los tratamientos solarizados con respecto a los no solarizados (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Comparación de medias y análisis de varianza para la relación de peso foliar del cultivo de brócoli sometidas a tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Relación de peso foliar |              |              |              |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos            | 54-69 d.d.t. | 69-84 d.d.t. | 84-99 d.d.t. |
| •70/40°                 | 0.604 f      | 0.512 c      | 0.441        |
| 70/20                   | 0.624 ef     | 0.523 bc     | 0.438        |
| 70/0                    | 0.655 bcd    | 0.521 bc     | 0.430        |
| 40/40                   | 0.644 cde    | 0.528 bc     | 0.414        |
| 40/20                   | 0.632 de     | 0.514 c      | 0.388        |
| 40/0                    | 0.635 de     | 0.523 bc     | 0.422        |
| 0/40                    | 0.672 ab     | 0.618 a      | 0.410        |
| 0/20                    | 0.680 a      | 0.562 ab     | 0.420        |
| 0/0                     | 0.667 abc    | 0.582 abc    | 0.452        |
| Sig.                    | ** (A)       | ** (A)       | NS (A)       |
| Sig.                    | NS (B)       | NS (B)       | NS (B)       |
| C.V. (%)                | 2.59         | 6.13         | 10.78        |
| DMS (0.05)              | 0.0243       | 0.065        | 0.066        |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40°, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

### Área foliar específica

El área foliar específica se determinó dividiendo la relación de área foliar entre la relación de peso foliar, lo cual nos indica el espesor de las hojas de los tratamientos solarizados y los no solarizados. Los resultados del análisis de varianza de los 54-69 y 69-84 d.d.t. muestran que no existen diferencias significativas para el factor B (dosis de resina de gobernadora), mientras que para el factor A (solarización) sí existen diferencias altamente significativas, de mostrándose que la solarización es la que tiene efecto en el incremento del espesor de las hojas (Cuadro 16). El reciente trabajo reportado por Taub (2002), utilizó el análisis de crecimiento para determinar el efecto de dosis de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  en el área foliar específica y otros componentes de la tasa de crecimiento relativo de diversas especies de zacates.

Al realizar la comparación de medias de los 54-69 d.d.t. para el área foliar específica se observó que los tratamientos solarizados se incrementaron en promedio 10 % más que los tratamientos no solarizados. La comparación de medias de los 69-84 d.d.t. (Cuadro 16) para el área foliar específica en los tratamientos solarizados se incrementó en promedio 12% más que los tratamientos no solarizados, de igual manera los tratamientos solarizados tienen mayor espesor de hoja que los no solarizados

**Cuadro 16. Comparación de medias y análisis de varianza para el área foliar específica del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos solarizados y dosis de resina de gobernadora.**

| Tratamientos | 54-69 d.d.t. | 69-84 d.d.t. | 84-99 d.d.t. |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| •70/40°      | 73.15 a      | 100.30 a     | 108.25 a     |
| 70/20        | 71.70 ab     | 97.47 a      | 100.97 ab    |
| 70/0         | 62.94 cde    | 96.22 a      | 110.94 a     |
| 40/40        | 68.24 de     | 95.85 a      | 109.18 a     |
| 40/20        | 68.35 abc    | 95.44 a      | 105.93 a     |
| 40/0         | 68.26 abc    | 97.48 a      | 99.04 ab     |
| 0/40         | 64.72 bcd    | 81.66 b      | 88.78 b      |
| 0/20         | 55.79 e      | 81.82 b      | 90.72 b      |
| 0/0          | 61.69 cde    | 87.47 b      | 98.67 ab     |
| Sig.         | ** (A)       | ** (A)       | ** (A)       |
| Sig.         | NS (B)       | NS (B)       | NS (B)       |
| C.V. (15)    | 8.48         | 5.15         | 9.06         |
| DMS (0.05)   | 8.12         | 6.91         | 13.33        |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

### **Rendimiento Total.**

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento de inflorescencias en ton/ha muestran que para el Factor A (solarización) si hay diferencias altamente significativas (Cuadro 17), mientras que para el factor B (dosis de resina de gobernadora), no hay diferencias significativas.

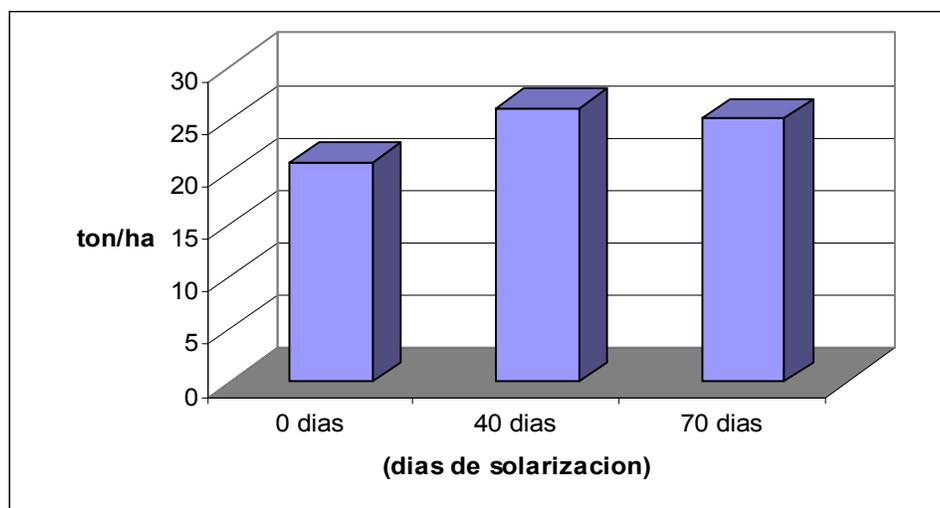
La comparación de medias para los tratamientos muestra que el rendimiento en ton/ha en los tratamientos solarizados se incrementó en promedio 13.5% mas que los tratamientos no solarizados, estas diferencias en por cientos de incremento demuestran el efecto de la solarizacion en el incremento del rendimiento de inflorescencias en el cultivo de brócoli (Cuadro 17).

**Cuadro 17. Comparación de medias análisis de varianza para rendimiento en ton/ha del cultivo de brócoli con diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

| Trat.               | Ton/Ha   |
|---------------------|----------|
| •70/40 <sup>a</sup> | 25.58 a  |
| 70/20               | 22.79 bc |
| 70/0                | 27.08 a  |
| 40/40               | 25.94 a  |
| 40/20               | 27.06 a  |
| 40/0                | 25.31 ab |
| 0/40                | 21.04 cd |
| 0/20                | 19.95 d  |
| 0/0                 | 21.92 cd |
| Sig.                | **A      |
| Sig.                | NS (B)   |
| C.V. (%)            | 7.37     |
| C.M. (0.05)         | 3.14     |

•70, 40 y 0 días de solarización; 40<sup>o</sup>, 20 y 0 kg/ha de resina de gobernadora; Factor (A), Factor (B); \*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, NS no significativo; DMS (0.05); valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad P=0.05

En la figura 8. Se muestra el incremento en ton/ha de los tratamientos solarizados de 20 a 24% (de 5 a 6 ton/ha) mas que los tratamientos no solarizados, esto pone de manifiesto la bondad de los tratamientos solarizados, lo cual desde el punto de vista de rentabilidad tiene un buen impacto a nivel de productor y además pone en evidencia las diferencias altamente significativas de los tratamiento solarizados en el rendimiento del cultivo de brócoli



**Figura 8. Rendimiento en ton/ha durante el ciclo del cultivo de brócoli bajo diferentes tratamientos de solarización y dosis de resina de gobernadora.**

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en este experimento y bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio se puede concluir lo siguiente:

- El acolchado plástico transparente utilizado para solarizar el suelo y que también fue empleado como acolchado para el cultivo de brócoli durante el ciclo otoño-invierno, incrementó notablemente el crecimiento y desarrollo de las plantas así como la producción de materia seca y el rendimiento de inflorescencias del cultivo bajo las condiciones del Valle de Saltillo.
- En relación con las dosis de resina hidrosoluble de gobernadora incorporada al suelo, los resultados indican que este producto no tuvo un efecto significativo en la fenología y en los componentes de rendimiento del cultivo.
- La interacción, periodos de solarización y acolchado plástico transparente durante el desarrollo del cultivo con extractos de gobernadora, no resultó significativa en la partición de biomasa del brócoli de acuerdo a los resultados del análisis de crecimiento.
- La película de polietileno transparente utilizada para solarizar, la cual posteriormente se dejó en el lote experimental para ser empleada como acolchado en el cultivo de brócoli, mostró tener un efecto altamente significativo en los componentes que determinaron la expresión de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de brócoli, en comparación con el testigo sin solarizar y sin acolchado plástico.
- La técnica del análisis de crecimiento demostró ser una herramienta muy útil para analizar la partición de biomasa de las plantas de brócoli y determinar que componente de las mismas es más afectado o estimulado por los factores ambientales que gobiernan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

## LITERATURA CITADA

- Alexander, R. T. 1990. Proceedings of the Forty-Third New Zealand Weed and Pest Control Conference. p. 270-273.
- Araujo, AP, M.G. Teixeira.2000. Ontogenic variations on absorption and utilization of phosphorus in common bean cultivars under biological nitrogen fixation. *Plant and Soil*, 225(1-2): 1-10.
- Barbour, M. G. G. Cunningham, W. C. Oechel, and S. A. Bomberg,. 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.
- Brinker, F. 1993/94. *Larrea tridentata (D.C.) Coville* (Chaparral or Creosote Bush). *British Journal of Phytotherapy*, 3(1):10-31.
- Bertolino, R. 1999. Alternatives to methyl bromide for soil desinfection. *Culture-Protette*. p. 28-63.
- Beecher, C.W.W. 1994. Cancer preventive properties of varieties of *Brassica oleracea*: A review. *Amer. J. Clin. Nutr.* 59(suppl):1166s-1170S.
- Campos, L. E. T. J. Mabry and S. F. Tavison.1979. *Larrea*. Serie El Desierto. Volumen 2. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)- Comisión Nacional de Zonas Áridas. Saltillo, Coah., México. 411 p.
- Chen, K; GQ.Hu, N. Keutgen, MJJ. Janssens and F. Lenz. 1999. Effects of NaCl salinity and CO<sub>2</sub> enrichment on pepino (*Solanum maricatum* Ait)-I. Growth and yield. *SCIENTIA HORTICULTURAE*, 81 (1): 25-41 APR 29 1999.
- Chen , K; G.Q. Hu, N. Keutgen and F. Lenz. 1997. Effects of CO<sub>2</sub> concentration on strawberry. I. Plant Growth analysis. *Journal. of Applied Botany-Angewandte Botanik*, 71 (76): 168-72.
- Cover, C.M., S.J. Hsieh, S.H. Tran, G. Hallden, G.S. Kim, L.F.B. Jeldanes, and G.L. Firestone. 1998. Indole-3-carbonil inhibits the expression of cyclin dependent kinase-6 and induces a G1 cell cycle arrest of human breast cancer cells independent of estrogen receptor signaling. *J. Biol. Chem.* 273:3838-3847

- Coleman, MD; RE. Dickson and JG. Isebrands. 1998. Growth and physiology of aspen supplied with different fertilizer addition rates. *PHYSIOLOGIA PLANTARUM*, 103 (4): 513-526 AUG 1998.
- DeVay, J. E. 1995. Solarization: An environment-friendly technology for pest management. *Arab Journal of Plant Protection*. 13(2): 97-102.
- Elmore, L. L, J. J. Stapleton, E. J. DeVay, and C. E. Bell. 1997. Soil Solarization, a Nonpesticidal Method for Controlling Diseases, Nematodes, and Weeds. University of California. USA. 13 p.
- Funell, KA, EW. Hewett, I.J. Warrington and JA. Plummer. 1998. Leaf mass partitioning as a determinant of dry matter accumulation in *Zantedeschia*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 123 (6): 973-979
- García, M. E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (adaptada a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta Edición, México.
- Geraldo, J; R.O.P. Rosseiello, A.P. Araujo and C. Pimentel. 2000. Differences on growth and grain yield between four pearl millet cultivars. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35 (7): 1367-1376.
- 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.
- Hadley, P. and S. Pearson. 1999. Physiology, p. 359-373. In: C. Gomez Campo (ed.) *Biology of Brassica Coenoespecies*. Elsevier, Ámsterdam.
- Hartman H.T. J.W. Flocker, A.M. Kofranek, 1981. Growth Development and Utilization of Cultivated Plants. *PLANT SCIENCE*. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, N.J. pp 185-186
- Katan, J. and J. E. DeVay. 1991. Soil Solarization. CRC Press. USA. 267 p.
- Katan, J. A, A. H. Greenber; and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology*. 66: 638-688.
- Katan, J. A.; I. Rotem, Y. Finkel and J. Daniel. 1980. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soilborne diseases in onions. *Phytoparasitica*. 8: 39-50.
- 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, México.

- O'Neill, T. 1997. Soil Desinfestation Alternatives for Methyl Bromide. *Agronomist*. 1:4-6.
- Productores de Hortalizas, Abril del 2002. Publicacion México. 7:24-26.
- Productores de hortalizas, Marzo de 1998. Publicación México 9: 13-14
- Pullman, G. S.; J. E. DeVay, A. R. Weinhold and R. H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature the four soilborne pathogens. *Phytopathology*. 71: 959-964.
- Quezada, R. 1996. Evaluación de películas Fotodegradables y Fotobiodegradables para Acolchado de Suelos en el Cultivo de Melon (*Cucumis melo* L). Tesis de Maestría en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo Coahuila, Mexico, pp. 45-70.
- Taub. DR. 2002. Análisis of interspecific variation in plant growth responses to nitrogen. *Can. J. of Bot. Rev.*80 (1): 34-41 JAN 2002.
- Rosa E.A.S. and A.S. Rodriguez. 2001. Total and Individual Glucosinolate Conten in 11 Brocoli Cultivars Grown in Early and Late Seasons. *HortScience* 36(1):56-59.
- Rosa , E.A.S., R.K. Heaney, G.R. Fenwicck, and C. Portas. 1997. Glucosinilates in crop plants. *Hort. Rev.* 19:99-215.
- Roderick, ML. 2002. On the measurement of growth with applications to the modelling and análisis of plant growth. *Functional Ecology*. 14 (2): 244-251
- Rodman, J.E., P.S. Soltis, D.E. Soltis, K.J. Systma, and K.G. Farol. 1998. Paracell evaluation of glucosinolate biosynthesis inferred from congruent nuclear and plastid gene phylogenies. *Amer J. Bot.* 85:997-1006.
- Siller, C. J.H.1999. Importancia económica de la horticultura en México. Memorias del primer congreso y exposición internacional de horticultura. Septiembre 1-4, Mazatlán Sinaloa, México. pp.3-11.
- Steinmaus S.J. and R.F. Norris. 2002. Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. *Weed Science*50(1): 42-53.
- Yucel-S.; H. Pala; S. Cali; A. Erkilic; and R. Albajes. 2000. Combination of *Trichoderma spp.* and soil Solarization to Control Root rot Diseases of Cucumber in Greenhouses Conditions. IOBC-WPRS Working Group. "Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate". Proceedings of the meeting, Antalya, Turquía.23(1):78-81.

Zhang, Y., P. Talalay, C.-G. Cho, and G.H. Posner. 1992. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: Isolation and elucidation of structure. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) 89:2399-2403.

APENDICE.

Cuadro A-1 Análisis de varianza para tasa de crecimiento relativo de inflorescencias a los 884-99 días después del trasplante (d.d.t.).

| FV          | GL | SC       | CM       | F        | P>F   |
|-------------|----|----------|----------|----------|-------|
| FACTOR A    | 2  | 0.029476 | 0.14738  | 122.1599 | 0.000 |
| FACTOR B    | 2  | 0.000121 | 0.000061 | 0.5034   | 0.616 |
| INTERACCION | 4  | 0.000247 | 0.000062 | 0.5223   | 0.730 |
| ERROR       | 27 | 0.003257 | 0.000121 |          |       |
| TOTAL       | 35 | 0.33102  |          |          |       |

Cuadro A-2 Análisis de varianza para tasa de crecimiento relativo de hojas de los 69-84 d.d.t.

| FV          | GL | SC       | CM       | F      | P>F   |
|-------------|----|----------|----------|--------|-------|
| FACTOR A    | 2  | 0.001004 | 0.000502 | 9.6538 | 0.001 |
| FACTOR B    | 2  | 0.000359 | 0.000169 | 3.4493 | 0.45  |
| INTERACCION | 4  | 0.000116 | 0.00029  | 0.5575 | 0.698 |
| ERROR       | 27 | 0.001404 | 0.000052 |        |       |
| TOTAL       | 35 | 0.002883 |          |        |       |

Cuadro A-3 Análisis de varianza para tasa de asimilación neta de los 84-99 d.d.t.

| FV          | GL | SC        | CM      | F       | P>F   |
|-------------|----|-----------|---------|---------|-------|
| FACTOR A    | 2  | 74.352559 | 38.6862 | 17.9216 | 0.000 |
| FACTOR B    | 2  | 4.724365  | 2.3621  | 1.1540  | 0.331 |
| INTERACCION | 4  | 2.006348  | 0.5015  | 0.2450  | 0.909 |
| ERROR       | 27 | 55.270020 | 2.0470  |         |       |
| TOTAL       | 35 | 135.3732  |         |         |       |

Cuadro A-4 Análisis de varianza para peso seco de tallo a los 84 d.d.t.

| FV          | GL | SC        | CM        | F        | P>F   |
|-------------|----|-----------|-----------|----------|-------|
| FACTOR A    | 2  | 3826.4765 | 1913.2382 | 138.9224 | 0.000 |
| FACTOR B    | 2  | 12.8906   | 6.4453    | 0.4680   | 0.637 |
| INTERACCION | 4  | 120.6250  | 30.1562   | 2.1897   | 0.096 |
| ERROR       | 27 | 3371.8437 | 13.7719   |          |       |
| TOTAL       | 35 | 4331.8359 |           |          |       |

