

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  T. 2981

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA SOLARIZACION SOBRE  
MALEZAS Y HONGOS FITOPATOGENOS  
DE SUELO EN CULTIVO DE LECHUGA EN  
INVERNACULO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por

  
DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACIÓN Y  
BIBLIOTECA

Sebastián CASANOVA FERNANDEZ  
Diego TRICOT LARREA

TESIS presentada como uno de los requisitos  
para obtener el título de Ingeniero Agrónomo  
(Orientación: Producción Vegetal Intensiva).

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2001.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b><u>PAGINA DE APROBACION</u></b> .....	I
<b><u>AGRADECIMIENTOS</u></b> .....	II
<b><u>LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES</u></b> .....	III
<b><u>1.- INTRODUCCION</u></b> .....	1
<b><u>2.- REVISION BIBLIOGRAFICA</u></b> .....	3
<b>2.1.- AGENTES CAUSALES DE TUMBADO</b> .....	3
<b>2.2.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SOLARIZACION</b> .....	4
<b>2.3.-FACTORES QUE AFECTAN LA TECNICA</b> .....	5
<b><u>2.3.1.- Temperatura del aire</u></b> .....	6
<b><u>2.3.2.- Humedad del suelo</u></b> .....	9
<b><u>2.3.3.- Film plástico</u></b> .....	10
<b><u>2.3.4.- Características del suelo</u></b> .....	12
<b><u>2.3.5.- Ancho y dirección del cantero</u></b> .....	12
<b>2.4.- EFECTO SOBRE PATOGENOS DEL SUELO</b> .....	13
<b><u>2.4.1.- Control Integrado</u></b> .....	19
<b>2.5.- EFECTO SOBRE LAS MALEZAS</b> .....	20
<b><u>2.5.1.- Factores que favorecen el control de malezas</u></b> .....	26
<b><u>2.5.2.- Control Integrado</u></b> .....	27
<b>2.6.- EFECTO SOBRE RENDIMIENTO</b> .....	27
<b>2.7.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SOLARIZACION</b> .....	31
<b><u>3.- MATERIALES Y METODOS</u></b> .....	33
<b>3.1.- LOCALIZACION</b> .....	33
<b>3.2.- HISTORIA DE LA CHACRA</b> .....	33
<b>3.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....	33
<b>3.4.- SOLARIZACION</b> .....	34
<b>3.5.- MANEJO DEL CULTIVO</b> .....	35
<b>3.6.- VARIABLES EVALUADAS</b> .....	39
<b><u>3.6.1.- Número de plantas instaladas</u></b> .....	39
<b><u>3.6.2.- Incidencia de tumbado</u></b> .....	40
<b><u>3.6.3.- Evaluación de malezas</u></b> .....	41
<b><u>3.6.4.- Estimación de precocidad y cosecha</u></b> .....	42
<b>3.7.- ANALISIS ESTADISTICO</b> .....	43
<b><u>4.- RESULTADOS Y DISCUSION</u></b> .....	44
<b>4.1.- TEMPERATURA DEL SUELO</b> .....	44
<b>4.2.- NUMERO DE PLANTAS INSTALADAS</b> .....	47
<b>4.3.- EVALUACION DE MALEZAS</b> .....	47
<b><u>4.3.1.- Primer cultivo</u></b> .....	47
<b><u>4.3.2.- Segundo cultivo</u></b> .....	51
<b><u>4.3.3.- Discusión</u></b> .....	52
<b>4.4.- INCIDENCIA DE <i>Sclerotinia Sclerotiorum</i></b> .....	54

<b><u>4.4.1.- Identificación del patógeno</u></b> .....	54
<b><u>4.4.2.- Evaluación de los cultivos</u></b> .....	55
4.4.2.1.- Primer cultivo .....	55
4.4.2.2.- Segundo cultivo .....	58
4.4.2.3.- Discusión .....	62
<b>4.5.- EVALUACION DE COSECHA</b> .....	64
<b><u>4.5.1.- Primer cultivo</u></b> .....	64
<b><u>4.5.2.- Segundo cultivo</u></b> .....	67
<b><u>4.5.3.- Discusión</u></b> .....	69
<b>4.6.- COMPARACION DE TECNICAS ALTERNATIVAS</b> .....	70
<b><u>5.- CONCLUSIONES</u></b> .....	72
<b><u>6.- RESUMEN</u></b> .....	73
<b><u>7.- SUMMARY</u></b> .....	74
<b><u>8.- BIBLIOGRAFIA</u></b> .....	75

Tesis aprobada por:

Directores: Vivienne GEPP \_\_\_\_\_

Julio RODRIGUEZ \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Autores: Sebastián CASANOVA \_\_\_\_\_

Diego TRICOT \_\_\_\_\_



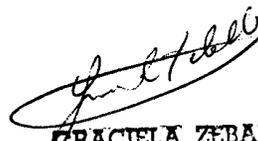
**FE DE ERRATAS.-**

EL TRIBUNAL QUE DEBE FIGURAR EN DICHA TESIS ES EL SIGUIENTE:

**ING. AGR. VIVIENNE GEPP**

**ING. AGR. JULIO RODRIGUEZ**

**ING. AGR. MARIA EMILIA CASSANELLO**

  
**GRACIELA ZEBALLOS**  
Jefe Sección Bedellia

## **AGRADECIMIENTOS**

- A los Ingenieros Agrónomos Vivienne Gepp y Julio Rodriguez por la dirección del presente trabajo.
- A la familia Camargo por ceder el predio y la infraestructura necesaria para la realización del ensayo.
- Al Ingeniero Agrónomo Pablo Gonzales, por su colaboración y apoyo prestado.

## TABLA DE CUADROS

1.- Número de malezas/m <sup>2</sup> y % reducción con respecto al testigo.....	11
2.- Colonización de esclerotos de <i>Sclerotinia minor</i> considerando distintos espesores de films plásticos .....	16
3.- Microflora aislada de un suelo solarizado y otro sin solarizar .....	16
4.- Efecto de la solarización sobre el control de <i>S. minor</i> y su implicancia en el rendimiento .....	17
5.- Reducción (%) en la incidencia de tumbado con solarización según diferentes autores .....	18
6.- Peso seco de las principales malezas encontradas en un suelo solarizado y en otro sin solarizar .....	23
7.- Susceptibilidad de malezas anuales a la solarización .....	24
8.- Susceptibilidad de malezas perennes a la solarización .....	24
9.- Incremento de rendimientos en diversos cultivos luego de la solarización...28	
10.- Efecto de la solarización sobre la productividad de lechuga .....	29
11.- Rendimiento total y por categorías obtenido en tres tratamientos para tomate, variedad Fortaleza .....	30
12.- Esquema de ubicación de unidades experimentales .....	34
13.- Descripción de los dos ciclos de lechuga evaluados .....	36
14.- Análisis químico correspondiente al suelo donde se instaló el experimento.....	38
15.- Fertilización realizada en la totalidad de un ciclo de cultivo .....	38
16.- Temperatura registrada en diferentes tratamientos del experimento .....	44
17.- Número y especies de malezas (plantas/m <sup>2</sup> ) identificadas fuera del invernáculo .....	48
18.- Importancia relativa (%) de las especies identificadas en el primer cultivo 21 días post-trasplante .....	50
19.- Número y especies de malezas/ m <sup>2</sup> en el segundo cultivo 29 días posteriores al trasplante .....	51
20.- Importancia relativa (%) de las malezas relevadas en el segundo cultivo..52	
21.- Porcentaje promedio de plantas afectadas por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el primer cultivo .....	55
22.- Prueba t para los promedios de las plantas afectadas por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el primer cultivo .....	57
23.- Reducción (%) de la incidencia de tumbado en el primer cultivo .....	58
24.- Porcentaje de plantas afectadas por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el segundo ciclo de cultivo .....	58
25.- Temperatura media y humedad relativa en cada ciclo de cultivo .....	59
26.- Prueba t para los promedios de plantas afectadas por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el segundo cultivo .....	60
27.- Reducción ( %) de la incidencia de tumbado en el segundo cultivo .....	61
28.- Reducción de las plantas afectadas por tumbado en los dos cultivos .....	63

29.- Número acumulado de plantas cosechadas en el primer cultivo, correspondiente a los bloques I y II .....	66
30.- Número acumulado de plantas cosechadas en el segundo cultivo .....	68
31.- Promedio de plantas cosechadas en ambos cultivos en la penúltima fecha de evaluación .....	69

## TABLAS DE FIGURAS

1.- Temperaturas máximas registradas en un suelo no solarizado a diferentes profundidades .....	7
2.- Temperaturas máximas registradas en un suelo solarizado a diferentes profundidades .....	7
3.- Temperaturas alcanzadas según ancho de cantero a solarizar .....	13
4.- Relación entre el grado de enmalezamiento y la incidencia de tumbado.....	18
5.- Viabilidad de semillas de <i>Portulaca oleracea</i> expuesta a diferentes temperaturas .....	22
6.- Promedio de temperaturas (a 5 cm de profundidad) diarias en cada tratamiento relacionado con la temperatura media del aire .....	45
7.- Temperaturas registradas en la mañana .....	45
8.- Temperaturas registradas en la tarde ... ..	46
9.- Malezas/ m2 contabilizadas 21 días post-trasplante según diferentes tratamientos y distintos bloques .....	49
10.- Evolución del número de plantas afectadas por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el primer cultivo .....	56
11.- Evolución del número de plantas afectadas por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el segundo cultivo .....	60
12.- Promedio acumulado de plantas cosechadas en el primer cultivo .....	65
13.- Promedio acumulado de plantas cosechadas en el segundo cultivo.....	67

## **1.- INTRODUCCION**

En Uruguay, la lechuga (*Lactuca sativa*) ocupa el cuarto lugar en consumo del volumen total de frutas y hortalizas comercializados. Se ubica detrás de tomate, citrus y papa. Estos volúmenes ascienden a 2530,4 toneladas anuales ([www.mgap.gub.uy/junagra](http://www.mgap.gub.uy/junagra), para 1990) del producto que ingresa al Mercado Modelo, principal canal de comercialización hortifrutícola. Dicho volumen proviene de 532 explotaciones que abarcan 626 hectáreas, de las cuales 12,2 están bajo cubierta.

La zona de concentración de la producción se encuentra en el Departamento de Montevideo, lo que representa el 57 % del total, no obstante tiene el 0,1% de la superficie agropecuaria del país. En la zona rural del Departamento trabajan 1500 productores, fundamentalmente granjeros y en predios de 10 hectáreas en promedio (Censo Agropecuario, 1990).

Como problemática sanitaria prioritaria en la zona de producción del cultivo de lechuga se destaca el tumbado. En un relevamiento realizado en el otoño de 1998 las pérdidas de plantas fueron en promedio de 6 - 9 % (Gepp *et al.*, 1999). Sin embargo, en el mismo trabajo y según manifestaciones de los propios productores de Montevideo rural, este rango es mayor, llegando a valores de 11 a 50 % en opinión del 49% de los encuestados.

Dentro del complejo de hongos que producen tumbado se destaca *Sclerotinia sclerotiorum* (Maroto *et al.*, 2000; Berlín, 1998; Katan, 1987). Es un patógeno muy polífago y representa una problemática a nivel mundial, siendo reportado en 408 especies de importancia comercial (Berlín, 1998), lo que hace necesario tomar medidas para su control.

En cuanto a las malezas, las de mayor relevancia en las condiciones de producción son las anuales originadas de semilla. Esto se debe a que se suceden una serie de ciclos cortos a lo largo del año, con sus respectivos movimientos de suelo, evitando de esta manera el desarrollo de malezas perennes (com. pers. Ing. Agr. Julio Rodríguez).

En la actualidad existen tres métodos de desinfección del suelo: esterilización química, utilización de vapor y solarización, siendo el primero el más difundido y al mismo tiempo el más nocivo para el medio ambiente y la salud humana. En cuanto al vapor, se caracteriza por ser de difícil implementación, tener altos costos y ser ineficiente, por el bajo volumen de sustrato esterilizado por tratamiento (Jarvis, 1998). Por tal motivo es prioritario encontrar un método efectivo de control, alternativo a la esterilización química, que contemple tanto consideraciones ambientales como también las exigencias crecientes de los mercados consumidores, debiéndose aumentar los rendimientos y calidad de los productos.

Según investigaciones nacionales e internacionales, la solarización controla muchas de las enfermedades fúngicas y malezas que afectan a un gran número de cultivos comerciales; por tanto parece ser un manejo promisorio a emplear por los productores hortícolas.

Frente a la situación planteada, se realizó este experimento con el objetivo de profundizar en el estudio de esta técnica, en las condiciones de producción del Sur del país, abordando: 1- el efecto en el control de semillas de malezas anuales; 2- la eficiencia en el control del tumbado y 3- sus posibles efectos sobre la precocidad en dos ciclos sucesivos de lechuga posteriores al tratamiento del suelo.

## **2.- REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1.- AGENTES CAUSALES DEL TUMBADO**

Esta enfermedad es uno de los principales problemas del cultivo de lechuga, reconociéndose a nivel mundial a *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia minor* y *Botrytis cinerea* como los patógenos causantes de la misma. Los dos primeros producen esclerotos (estructuras de resistencia) que permanecen largo tiempo en el suelo, constituyendo el inóculo inicial cuando se presentan las condiciones predisponentes (alta humedad y temperaturas templadas, entre 15-21 ° C).

Particularmente en el caso del género *Sclerotinia*, la incidencia de este patógeno está correlacionada con el nivel de inóculo inicial (densidad de esclerotos), a diferencia de *Botrytis* que muy raramente forma las mencionadas estructuras (Curso de Protección hortícola, 1999). Además, la falta de resistencia genética por parte de los cultivos, la ineficiencia del control químico y la amplia gama de hospederos en el caso de *S. sclerotiorum*, hacen más difícil el manejo de esta enfermedad (Gepp *et al.*, 1999), siendo la estrategia apropiada reducir o erradicar la fuente de inóculo del campo. En cuanto a esto último, existen ciertos métodos primarios por los cuales los predios se infestan con esclerotos de *S. sclerotiorum* (Berlín, 1998):

- a) el más común es por cultivos susceptibles o existencia de malezas que son infectados por ascosporas provenientes de campos adyacentes afectados. De esta manera el hongo produce esclerotos sobre esas plantas y algunos caen al suelo cuando el cultivo es cosechado;
- b) el viento transporta suelo o restos de cultivo infectados con esclerotos y estos contaminan campos adyacentes;
- c) la maquinaria contaminada puede introducir esclerotos provenientes de campos infestados;
- d) el agua de riego por superficie o de lluvia se mueve naturalmente pudiendo de esta manera, mover esclerotos a predios previamente limpios;
- e) las semillas contaminadas constituyen otra posibilidad de introducir el hongo a un predio limpio.

En cuanto a la sintomatología característica del tumbado, consiste en plantas que presentan amarillamiento y marchitamiento. Si el ataque se produjo temprano en la temporada las plantas afectadas quedan de menor tamaño ya que detiene el crecimiento. Al intentar arrancar la planta atacada, ésta no ofrece ninguna resistencia, presentando toda la zona del cuello y base de las hojas externas húmeda, blanda y descompuesta, con abundancia de micelio blanco (*S. spp.*) o gris (*Botrytis cinerea*), acompañado en el primer caso, de órganos oscuros y duros del tamaño de un grano de pimienta que son los esclerotos (Maroto *et al.*, 2000). A través de éstos se diferencian los dos patógenos del género *Sclerotinia* ya que *S. minor* forma esclerotos pequeños (0.5-3 mm) y redondeados, mientras que los de *S. sclerotiorum* son de forma bastante irregular y de mayor tamaño, pues alcanzan los 10 y hasta 15 milímetros. *Botrytis cinerea* genera esclerotos muy esporádicamente, siendo la reproducción a través de conidios, su medio habitual de multiplicación. Estos síntomas pueden aparecer tanto en planta joven como adulta, aunque son más comunes en este último caso, debido precisamente al microclima que la propia planta genera en la zona cercana al suelo (Maroto *et al.*, 2000).

Debido a las características intrínsecas de los hongos involucrados, se presentan diferencias entre ellos. Según Gepp *et al.* (1999) en un ensayo realizado en el Departamento de Montevideo (1998), *S. sclerotiorum* significó un 3.3% de la incidencia de tumbado, mientras que *S. minor* representó el 2.4% y *Botrytis cinerea* menos del 1% de las plantas identificadas con síntomas de esta enfermedad. La mayor relevancia del patógeno mencionado en primer término se debió probablemente a su gran número de hospederos y además por contar con apotecios que garantizan la diseminación del inóculo, otro carácter que lo diferencia de *S. minor*. Los mencionados autores, señalan que los mayores porcentajes de tumbado se observaron precisamente en los suelos provenientes de lechuga u otros cultivos susceptibles, al igual que en las parcelas dejadas sin cultivos durante un período de hasta 8 años.

## **2.2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SOLARIZACIÓN**

La solarización se refiere a la cobertura del suelo humedecido (a capacidad de campo) con plástico transparente durante un período de tiempo apropiado. El plástico es una herramienta moderna para capturar la energía solar y de esta manera, elevar la temperatura del suelo (o de otros sustratos) a campo o en invernáculo. Esta es una técnica de tratamiento del suelo en pre-plantación, cuyo objetivo es el control de hongos fitopatógenos y malezas, citándose su primera descripción en el año 1976 (Katan *et al.*, 1991).

Según Katan (1991) la solarización del terreno es citada como exitosa en varios países del mundo ubicados en latitudes variables como ser, Israel, Estados Unidos (California), Grecia, Jordania, Italia e Inglaterra y para varios cultivos comerciales.

Katan y De Vay (1991) citados por De Souza (1994), informan que la solarización es el proceso que ocurre en un suelo previamente humedecido, cubierto por un film de plástico transparente y expuesto a la luz del sol durante los meses de mayor radiación. En cuanto a esto último, estudios realizados en la zona Norte del Uruguay, indican que es recomendable realizar esta técnica en los meses de diciembre y enero, por ser los más luminosos y de mayor insolación (Cassanello y Nuñez, 1999). De Vay (1990), afirma que la solarización provoca cambios en las propiedades químicas y biológicas del suelo, que redundan en ganancias de crecimiento y rendimiento de los cultivos. Se producen aumentos de temperaturas que alcanzan niveles letales para muchos de los hongos fitopatógenos y plantas dañinas.

Según Katan (1991), los efectos del mulch en conservar la humedad del perfil e incrementar o disminuir la temperatura del mismo, están determinados por el equilibrio energético resultante luego de cubrir el suelo. La ecuación de cambios de energía incluye términos que describen variaciones dentro de un mismo suelo, entre distintos suelos, distintos mulch y la temperatura del aire. Los flujos de energía considerados son los siguientes:

- Rc radiación de onda corta (aproximadamente entre 0.3-4 micrones).
- RI radiación de onda larga (4 – 80 micrones).
- S conducción térmica del suelo
- H cambios verticales de calor entre el aire encerrado entre el mulch y el suelo por conducción y con el aire exterior por convección.
- E condensación y evaporación del agua.

La ecuación resultante, sería:

$$Rc + RI - H - S - E = 0$$

### **2.3.- FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA**

Según Katan (1991), los factores que afectan los resultados a obtener por medio de la solarización son:

- Temperatura del aire
- Humedad del suelo
- Intensidad solar y largo de día
- Características del film plástico
- Tipo de suelo
- Ancho y dirección del cantero

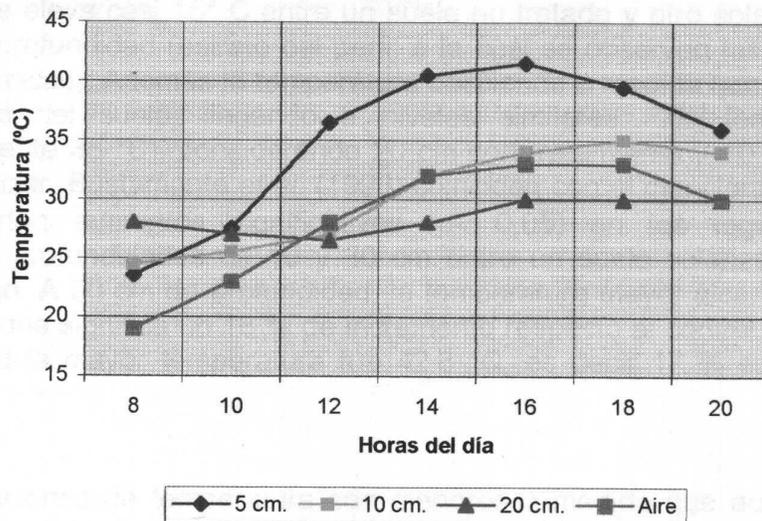
### **2.3.1.- Temperatura del aire:**

En primera instancia, la temperatura del aire sería el principal factor o uno de los determinantes en condicionar las temperaturas que alcanza el suelo y por ende, la eficiencia de la técnica. Esto queda de manifiesto al observar las regiones del mundo en las que se desarrolló la información y aún en Uruguay, donde la técnica se generó en la zona Norte, cuyas temperaturas máximas promedio son significativamente mayores a las registradas en el Sur del país.

Katan (1991), afirma que este es el factor más importante en determinar los resultados obtenidos por medio de la solarización del terreno y por tanto condicionará el éxito y su aplicación en determinadas regiones.

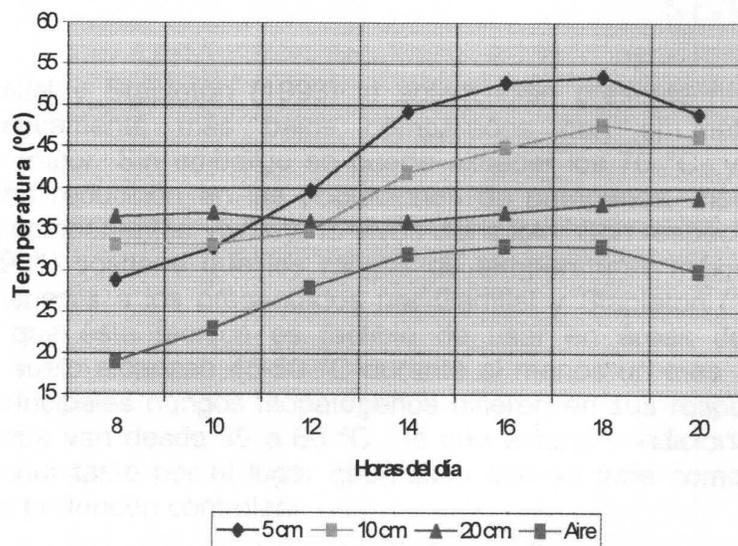
De Vay y Katan (citados por Aballay *et al.*, 1996), sostienen que la variable más importante que influye en el grado de calentamiento del suelo es la temperatura del aire junto con la radiación solar. En las figuras N° 1 y 2, se muestran las temperaturas máximas alcanzadas en un suelo sin tratar y en otro solarizado, comparándolas con la temperatura del aire.

**Figura N° 1: Temperaturas máximas registradas en un suelo no solarizado, a diferentes profundidades.**



Fuente: De Vay y Katan (1991)

**Figura N° 2: Temperaturas máximas registradas en un suelo solarizado, a diferentes profundidades.**



Fuente: De Vay y Katan (1991)

Según Katan (1991), las temperaturas de suelo que se alcanzan, en las condiciones de Israel, presentan variaciones a lo largo del día y también en los diferentes estratos del perfil. Teniendo en cuenta esto último, es que la temperatura se eleva casi 15° C entre un suelo no tratado y otro solarizado, a los 10 cm de profundidad (estrato del perfil a la cual se observan las mayores amplitudes térmicas). Además la temperatura desciende a medida que aumenta la profundidad del suelo, llegando a niveles similares de temperatura (aproximadamente 35 °C), considerando 20 cm con tratamiento y 10 cm en el suelo sin solarizar. Bustamante *et al.* (1998) coinciden con el mencionado autor ya que reportan aumentos significativos ( $p < 0,05$ ) en los registros de temperatura a profundidades de 10 y 30 cm entre un suelo solarizado y las parcelas testigo. A 30 cm de profundidad, la temperatura mayor alcanzada fue de 34.7 °C, lo que significa un 18 % de incremento respecto al control. A 10 cm de profundidad la mayor temperatura fue 42.8 °C, es decir 17 % superior al control.

Las variaciones de temperatura son menores a medida que aumenta la profundidad del perfil (Bustamante *et al.*, 1998); Katan (1991) describe que los registros máximos de temperatura se ubican en los 2 primeros centímetros de suelo, comparando el testigo contra un terreno solarizado. Al mismo tiempo afirma que la mayor amplitud térmica entre ambos tratamientos no se dio en los primeros centímetros como podría pensarse, sino que ocurrió entre los 4-6 cm de suelo (diferenciándose 15 °C para la temperatura máxima y 10,7 °C para la media).

Según Gamliel y Stapleton (1993) la solarización presenta niveles de temperatura relativamente más bajos comparados con el método de esterilización por vapor. Sin embargo se puede exceder los 70 °C y de esta manera lograr una reducción en las poblaciones de patógenos, mediante la alteración de los componentes vivos y no vivos del suelo. Con respecto a esto último, Katan (1991) sostiene que los rangos de temperaturas máximas son sensiblemente menores a los presentados por Gamliel y Stapleton (1993) ya que considera que ésta técnica es factible de usar en áreas donde las temperaturas de suelo alcanzan 45-50 °C durante al menos un mes. Además señala que los principales hongos fitopatógenos difieren en sus respuestas al calor en rangos que van desde 39 a 60 °C, lo que estaría condicionando los resultados a obtener tanto por el lugar geográfico que se trate como por los patógenos que se pretenden controlar.

Katan (1991), ha encontrado una relación logarítmica entre la temperatura y los tiempos necesarios para destruir los patógenos del suelo. Tanto para *Rhizoctonia solani* como para *Verticillium dahliae* a una temperatura de 37 °C, el tiempo necesario para matar el 90 % de los propágulos fue de 900 horas. A los 41 °C el tiempo se redujo a 50 horas, mientras que a los 50 °C el 90 % de los propágulos desaparecieron en 0.3 horas. Para estos mismos microorganismos, Pullman *et al.* (1981) redujeron o eliminaron inóculo en suelo solarizado por 3-5 semanas durante los meses de verano. Dichos autores, citan temperaturas de 39-41 °C como eficientes en la reducción de estos hongos a profundidades de 30-46 cm, considerando las duraciones de tratamiento mencionadas respectivamente.

Existen experimentos que comparan la aplicación de la solarización a campo y bajo invernáculo. Garibaldi y Tamiatti (1989) citados por De Souza (1994) encontrarón diferencias en temperaturas medias de 10 °C a 5 y 10 cm de profundidad. En Israel, Katan (1991) obtuvo diferencias de 2-5 °C a profundidades de 10 y 30 cm, en similares condiciones. Esta diferencia permite ampliar la época para realizar solarización de suelo en períodos marginales al aire libre.

### **2.3.2.- Humedad del suelo**

Con relación al contenido de humedad del suelo o del sustrato a solarizar, cuanto más cerca de capacidad de campo se esté, mejor será la transferencia de calor desde la superficie, garantizando de esta manera la mayor eficiencia del tratamiento (Katan, 1991; Cassanello *et al.*, 1987). Es importante que la humedad sea homogénea en todo el perfil, de forma tal de poder llegar a mayores profundidades con temperatura elevadas, lo que sería sustancial para el control de propágulos de hongos fitopatógenos, así como también de malezas (principalmente los rizomas de las especies perennes).

Katan (1991), señala que para efectuar con éxito esta técnica el suelo debe tener contenidos óptimos de humedad, para que los microorganismos se encuentren en estado activo. De Vay (1990) y Dueck *et al.*, (1981) citado por De Souza (1994), coinciden con esto último, porque afirman que el agua en el suelo favorece la transferencia de calor hacia los microorganismos y al mismo tiempo acelera su desarrollo, para que luego sean afectados por las altas temperaturas. Según Grinstein *et al.*, (1979) citado por Abu-Irmaileh (1991), en

las condiciones de Israel, un simple riego antes de la colocación del nylon fue tan efectivo como sucesivos riegos luego de colocar el mulch.

Gómez *et al.*, (1996) reportan que los tratamientos de solarización humedecidos previamente hasta capacidad de campo, fueron tan efectivos como la aplicación de 40 g/m<sup>2</sup> de dazomet en el control de patógenos del suelo en almácigos de hortalizas.

Con respecto al control del tumbado, Berlín (1998) afirma que las altas temperaturas junto a un elevado contenido de agua, son probablemente las dos condiciones ambientales más nocivas para la sobrevivencia de las estructuras de resistencia de *S. sclerotiorum*.

### **2.3.3.- Film plástico**

El polietileno a utilizar para llevar a cabo esta técnica puede presentar variantes, tanto en su color (transparente o negro) como también en su espesor (50-80-100 micrones, entre otros).

Stapleton *et al.*, (1986) citado por De Vay (1990), probaron diferentes films plásticos transparentes de 25 – 100 – 200 micrones, llegando a la conclusión que los mejores son los dos primeros, debido a que se logra un mayor calentamiento del suelo y además dichos materiales tienen menores costos. Por otro lado, los más finos tienen mayor flexibilidad, resistencia a tensión, a agujerearse y al rajado (Clarke, 1987 citado por De Souza, 1994).

Vannacci *et al.*, (1988), estudiaron el comportamiento de distintos espesores de nylon transparente comparando 50 y 150 micrones y midieron el control efectuado sobre *S. minor* y las malezas presentes (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1: Número de malezas por m<sup>2</sup> y porcentaje de reducción según los espesores utilizados.**

	FECHAS DE EVALUACION						
	31/07		8/08		20/08		23/10
Tratamiento	Nº/m <sup>2</sup>	% Red (b)	Nº/m <sup>2</sup>	% Red (b)	Nº/m <sup>2</sup>	% Red (b)	% Red (b)
<b>Testigo</b>	75.2	--	16	--	26.1	--	--
<b>PE 50 (a)</b>	3.3	95.6	4.9	69.4	7.9	69.7	35.2
<b>PE 150 (a)</b>	0.9	98.8	3.0	81.0	3.8	85.5	48.9

Fuente: Adaptado de Vannacci, Triolo y Materazzi, (1988).

(a) - polietileno de 50 y 150 micrones de espesor respectivamente.

(b) - porcentaje de reducción.

Si bien no se presentaron diferencias significativas en cuanto a las temperaturas obtenidas con los diferentes films evaluados, el control de malezas se incrementó con el aumento del espesor del material. Del mismo modo, la viabilidad de los esclerotos de *S. minor* decreció al variar el espesor de 50 a 150 micrones.

En cuanto al color del material plástico utilizado, existe una postura general y favorable en relación al nylon transparente. Abu-Irmaileh (1991), comparando polietilenos de color negro y transparente llegó a la conclusión que el primero controló únicamente malezas anuales. Hesketh y Standifer *et al.*, citados por Katan (1991) reportan que las temperaturas bajo un film negro son menores que bajo polietileno transparente, pero tienen un efecto directo mayor sobre el control de malezas. Estos resultados son concordantes con los presentados por Horowitz, *et al.*, citados por De Souza (1994), quienes observaron una disminución en el control de malezas al usar nylon negro, en comparación al transparente. De Vay (1990), afirma que con nylon transparente se produce condensación, que no deja escapar radiación de onda larga, aumentando el efecto invernadero y por ende el calentamiento del suelo. En condiciones similares, los resultados obtenidos por Brown *et al.*, (1989) citados por De Souza (1994) están en desacuerdo con los autores recién mencionados ya que sus experiencias no presentan diferencias entre nylon de color negro y transparente. El primero absorbe y retiene más radiación, reduciendo entonces el calentamiento del suelo, aunque obtuvieron igual control de fitopatógenos.

#### **2.3.4.- Características del suelo**

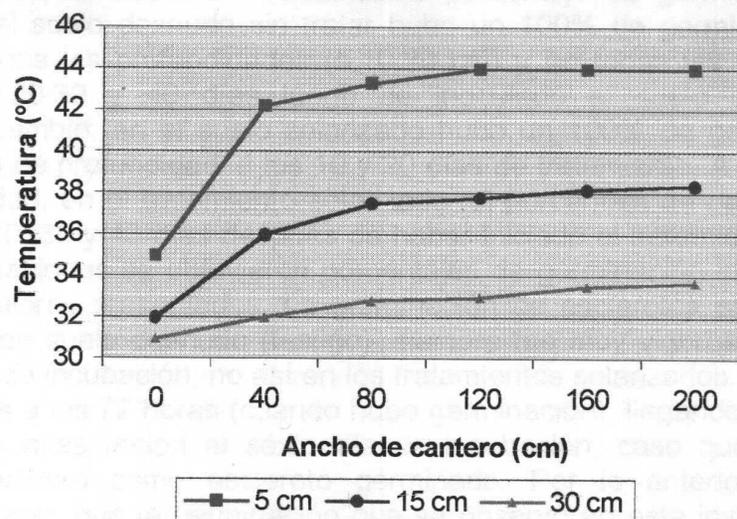
La absorción de calor por parte del suelo depende de características intrínsecas como: color, textura y estructura del suelo (Katan, 1991). Estos dos últimos parámetros son fundamentales en la capacidad hidráulica del suelo, siendo este factor de extrema importancia en el aumento de la conductividad. En resumen, se puede caracterizar a un suelo arenoso como mejor conductor de calor.

Al mismo tiempo es fundamental lograr un buen afinamiento del suelo, así como también eliminar los residuos de raíces gruesas, para lograr que el calor se distribuya homogéneamente en el perfil. El tratamiento con calor al suelo no parece tener ningún perjuicio para este recurso, según señalan Stapleton *et al.*, (1986) citado por De Vay (1990), afirmando que la solarización no produce alteraciones físicas (textura y estructura).

#### **2.3.5.- Ancho y dirección del cantero**

Mahrer y Katan (1981) citados por Katan (1991), midieron la temperatura del suelo en canteros cubiertos con polietileno transparente, cuyos anchos estaban comprendidos en un rango de 10 a 200 centímetros. Encontraron que la eficiencia relativa de la cubierta, medida como la temperatura en el centro del cantero, se incrementaba drásticamente de 10 a 20 y de 20 a 40 centímetros de ancho. La dimensión mínima más eficiente fue de 80 cm. En la Figura N° 3 se muestran las temperaturas alcanzadas a diferentes profundidades (5, 15 y 30 cm) en función de diferentes anchos de cantero.

**Figura N° 3: Temperaturas alcanzadas según el ancho de los canteros a solarizar.**



Fuente: Katan (1991).

Generalmente, a igual profundidad, la temperatura en los bordes del cantero es de 2 a 4 °C más baja que en el centro. En las condiciones de Israel, Katan (1991) observó además que los canteros orientados Norte-Sur son preferibles a los dirigidos Este-Oeste, debido a que estos últimos presentan zonas con temperaturas más bajas.

#### 2.4.- EFECTO SOBRE PATOGENOS DE SUELO

Stapleton *et al.*, (1986) citados por De Vay (1990), clasifican los efectos del tratamiento con calor sobre los patógenos del suelo en dos tipos, a saber:

- Directos
- Indirectos

Los primeros se deben al efecto de dosis letales de calor, que están en función de la temperatura del aire y del tiempo de incidencia sobre el suelo, siendo los más importantes para la desinfección del sustrato (Katan, 1991).

Montealegre *et al.*, (1996), obtuvieron relaciones de temperaturas de suelo y aire similares a las ya presentadas en las figuras N° 1 y 2. Midieron el efecto sobre la viabilidad de *Sclerotium rolfsii* como porcentaje de germinación de esclerotos. En el suelo desnudo sin tratar hubo un 100% de germinación de esclerotos, a todas las profundidades (5,10,20 cm) y en todas las fechas de recolección (10,20,30 y 40 días luego de inoculado el suelo con dicho patógeno). En cambio, en el suelo solarizado hubo un 100% de germinación solo a los 20 cm de profundidad, a los 10 y 20 días de tratamiento. A los 5 y 10 cm de profundidad, en el tratamiento solarizado, el porcentaje de germinación fue cero, a los 20, 30 y 40 días después de haber iniciado el tratamiento. En el resto de las situaciones se obtuvieron porcentajes de germinación intermedios entre los dos valores presentados. La germinación de esclerotos proveniente del tratamiento de suelo desnudo (testigo), siempre fue muy vigorosa, a partir de las 48 horas de incubación, no así en los tratamientos solarizados, donde se retardó al menos a las 72 horas (cuando hubo germinación), llegando incluso a verse pequeñas hifas recién al sexto día de incubación, caso que en este estudio se consideró como escleroto germinado. Por lo anterior, parece importante destacar, que la germinación que se observó en esta investigación no contempló la disminución de viabilidad, ni tampoco analizó la mayor susceptibilidad de los esclerotos a los antagonistas, por lo tanto, no es posible cuantificar la menor capacidad que tendría este patógeno para infectar un tejido vegetal, ya que los esclerotos fueron sometidos a condiciones ideales de germinación.

Los efectos indirectos están representados por alteraciones microbiológicas que contribuyen al control de patógenos mediante la creación de ambientes supresivos. Katan (1987) y Phillips (1990) citado por De Souza (1994), mencionan los siguientes efectos biológicos:

- anulación del equilibrio;
- parasitismo producido por antagonistas y promovido por altas temperaturas;
- muerte de patógenos debilitados;
- muerte de patógenos causada por organismos termotolerantes;
- adquisición de características supresivas del suelo, que previenen la reinfestación.

La sustentación del carácter supresivo de los suelos, está basado en el aumento de bacterias que producen antibiosis, como *Pseudomonas* y *Bacillus* (Stapleton *et al.*, 1986 citado por De Vay, 1990). En campos solarizados con abono de pollo, donde se instaló lechuga, la población de *Bacillus* spp y *Pseudomonas* fluorescentes se incrementó en la rizósfera del cultivo. *Pseudomonas* es citada frecuentemente como supresora de patógenos del suelo y a su vez *Bacillus* es muy conocido por la producción de antibióticos (Gamliel y Stapleton, 1993).

Esta dinámica es diferente si se considera un suelo solarizado con otro esterilizado en forma química ya que en este último se provoca un vacío biológico que conduce a una rápida recolonización de la rizósfera, con respecto a suelos no tratados. De este modo, se produce una reinfestación agresiva por parte de *Pythium*, *Penicillium* y *Aspergillus*, los que afectan desfavorablemente al cultivo (De Vay, 1990 y Katan, 1991). En suelos solarizados, dicha recolonización sucede lentamente ya que los patógenos han perdido patogenicidad y competitividad respecto a los microorganismos saprofiticos (Davis, 1991, citado por Montealegre *et al.*, 1996). Los últimos autores reportan que en los análisis nematológicos efectuados se determinó que más del 90 % de la población correspondía al orden *Rhabditida*, nemátodos bacteriófagos, no fitopatógenos; esto corrobora la fuerte competencia biológica producida post solarización (Gaur y Perri, 1991 citado por Montealegre *et al.*, 1996).

Katan (1987), señala que las temperaturas subletales sobre los microorganismos del suelo aumentan la sensibilidad de éstos a hongos y bacterias saprófitas, así como a fungicidas y otros pesticidas. Algo similar sucedería con *S. sclerotiorum* en el que la solarización no produciría la muerte de los esclerotos, sino que los debilitaría, dejándolos entonces más expuestos al ataque de antagonistas y al mismo tiempo a medidas de manejo. Esta información es coincidente con lo reportado por Berlín, 1998.

Para el caso de *S. minor*, Vannacci *et al.*, (1988) obtuvieron datos similares a los presentados por Katan (1987), en donde queda de manifiesto el efecto de la solarización en la colonización de los esclerotos por parte de diversos microorganismos del suelo, considerando distintos espesores del material plástico (Cuadro N° 2).

**Cuadro N° 2: Colonización de esclerotos de *S. minor* considerando distintos espesores de films plásticos.**

Esclerotos	Testigo	Tratamiento solarizado	
		50 micrones	150 micrones
Recuperados*	465	192	206
Colonizados	68.4 (+/- 4.2)	86.5 (+/- 4.8)	93.7 (+/- 3.3)

Fuente: Adaptado de Vanacci, Triolo y Materazzi (1988).

\* sobre un total de 628 esclerotos.

En el cuadro N° 3, se detalla la microflora aislada de los esclerotos colonizados.

**Cuadro N°3: Microflora aislada de suelo solarizado y sin solarizar**

Microorganismo	Testigo		Suelo solarizado	
	Número	%	Número	%
<i>Aspergillus</i> spp.	5	4.8	26	13
<i>Fusarium</i> spp.	16	15.4	73	36.5
<i>Penicillium</i> spp.	17	16.3	54	27
<i>Trichoderma</i> spp.	8	7.7	28	14
Micelio no esporulado	31	29.8	16	8
Esclerotos no colonizados	302	75.5	223	55.7

Fuente: Adaptado de Vanacci, Triolo y Materazzi (1988).

Para una gran cantidad de hongos fitopatógenos, distintos autores señalan el efecto indirecto de la solarización que provoca alteraciones fisiológicas sobre los propágulos como: retraso de la germinación, inhibición de la elongación del tubo germinativo y pérdida de pigmentación (De Vay, 1990; Pullman, Garber, Weinhold, citados por De Souza 1994).

Por otra parte, existen algunos trabajos extranjeros que relatan el efecto de la solarización sobre *S. sclerotiorum* sin tener en cuenta la clasificación (efectos directos e indirectos) utilizada por Stapleton *et al.*, (1986) citado por De Vay, 1990 y Katan, 1991. Ejemplo de esto, es el experimento de Porter y Merriman (1985), en el cual se diferencia la incidencia de la técnica en estudio

tanto en un suelo inoculado como en otro con historia de dicho hongo. En el primer caso, los únicos patógenos que no se recuperaron luego del tratamiento entre 0-10 cm de profundidad fueron *Meloidogyne javanica*, *S. sclerotiorum* y *S. minor*. Se redujo el nivel de enfermedad en lechuga causado por *S. sclerotiorum* y *S. minor*, mientras que los incrementos en rendimientos fueron variables. Para el caso en que se tenía un suelo con historia en tumbado de lechuga, los resultados se presentan en el cuadro N° 4.

**Cuadro N° 4: Efecto de la solarización sobre rendimiento y el control de *S. minor*.**

TRATAMIENTO	% Esclerotos viables		% Plantas afectadas	Rendimiento (tt/há)
	0-10 cm	10-20 cm		
Testigo	8 **	49	32 **	29.3 *
Solarizado	79	67	48	20.5

Fuente: Porter, y Merriman (1985)

\*  $p \leq 0,05$

\*\*  $p \leq 0,01$

La solarización redujo el número de esclerotos en el estrato de 0-10 cm y las plantas muertas debido al ataque de *S. minor*. Además se obtuvo un incremento de rendimiento de un 43 %.

Resultados similares obtuvo Phillips (1990) citado por Katan (1991), quien encontró que la solarización del terreno reduce no solo la población de esclerotos de *S. minor* sino también la habilidad de sobrevivencia de este patógeno.

Materazzi *et al.* (1987) citado por Vannacci *et al.* (1988) y Gepp *et al.* (1999) reportan un excelente control de *S. minor* y del tumbado respectivamente, mediante la solarización del suelo en el cultivo de lechuga, medido como la reducción en el número de plantas afectadas (Cuadro N° 5).

**Cuadro N° 5: Reducción (%) en la incidencia del tumbado con solarización según diferentes autores.**

TRATAMIENTO	AUTORES		
	Materazzi <i>et al.</i> (1987)	Gepp <i>et al.</i> (1999)	Porter <i>et al.</i> (1985)
Testigo	-	-	-
Solarizado	97.4 <sup>1</sup>	83.1 <sup>2</sup>	33

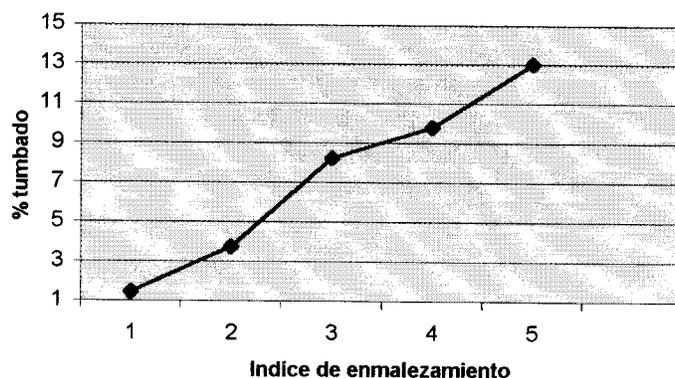
1- Promedio de 2 años (1985 y 1986)

2- Promedio de 2 tratamientos (60 y 90 días de solarización)

Si bien los datos obtenidos por dichos autores coinciden con los presentados por Porter y Merriman (1985), son más contundentes.

→ Gepp *et al.* (1999) encontraron mayores pérdidas en los cuadros con un número elevado de malezas (Figura N° 4), si bien no se observó una relación estadísticamente significativa entre la incidencia del tumbado y el grado de enmalezamiento.

**Figura N° 4: Relación entre el grado de enmalezamiento y la incidencia del tumbado.**



Fuente: Gepp *et al.* (1999)

En donde, Índice de enmalezamiento = 0 significa sin presencia de malezas y un valor de 5 representa cerca del 100 % de la superficie ocupada por las mismas.

Katan (1991), atribuye la reducción en la incidencia de enfermedades foliares a través de la solarización, a la erradicación del inóculo primario (como es el caso de *S. spp*) y a cambios en el contenido mineral del suelo que llevan a incrementar la resistencia de la planta.

Cartia (1996) comparó el efecto de la solarización del suelo durante 50 días y la aplicación de 1.5 g/m<sup>2</sup> de dicloran en el control de *S. spp.* en un cultivo de lechuga. (En dicho experimento los rendimientos aumentaron 102 y 42 % en las parcelas solarizadas y con tratamiento químico respectivamente, debido al control de dicho patógeno)

El efecto residual de la solarización en el control de enfermedades y el incremento de rendimientos, o ambas, se mantienen durante 2 a 3 cultivos sucesivos. Esto se observó en varias regiones y sobre varios cultivos comerciales, Katan (1991). Dicho efecto es causado aparentemente por la inducción de ambientes supresivos, lo que produce una drástica reducción en la densidad de inóculo y un retardo en la reinfestación del suelo por los patógenos.

#### **2.4.1.- Control Integrado.**

La solarización presenta un gran potencial para ser combinada con tratamientos varios, tales como: control biológico, químico, inclusión de variedades resistentes y otros métodos culturales. Dentro de los primeros, se reportan trabajos con *Trichoderma harzianum* en campos infestados con *Rhizoctonia solani*, obteniendo una disminución en el potencial de inóculo, por tanto en la incidencia de dicha enfermedad. Según Katan (1991) la conjunción de ambos métodos debería tener un mayor efecto en el control de enfermedades y posiblemente requerir de menores frecuencias de aplicación.

Frank *et al.*, (1989) citado por Katan (1991), comparó el efecto del metam sodio (900 litros/ha), solarización y los dos tratamientos combinados y encontró que los rendimientos del cultivo de maní (en el control de la mancha necrótica) se incrementaron en un 114, 440 y 893% respectivamente. Ben-Yephet *et al.* (1982) citado por Katan (1991), reportan que la dosis de metam sodio que se requiere para llegar a la dosis letal 50 de *Verticillium dahliae* o *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* fue 4 veces más alta a 25° C que a 35 ° C. Esto

explicaría la posibilidad de utilizar las dos técnicas, reduciendo la dosis de productos químicos.

La combinación de la solarización con secuencias de variedades resistentes tiene influencia en la duración del efecto de dicha técnica. Comparando el crecimiento de dos variedades de algodón, una resistente a *Fusarium* spp. y otra susceptible, se encontró que durante la segunda estación de crecimiento el nivel de enfermedad era bajo y la variedad resistente presentó los más altos rendimientos, en comparación con la susceptible. El beneficio de dicha técnica se extendió al tercer año al utilizar la variedad resistente.

Para finalizar este capítulo, Gamliel y Stapleton (1993), indican que la eficiencia de la solarización se incrementa por la combinación con alelopatía, es decir con la incorporación de restos verdes de crucíferas 4-6 semanas antes de solarizarlo. Estos restos vegetales son muy ricos en azufre y es éste probablemente, en forma de gases volátiles el que reduzca la población de propágulos fúngicos. Los gases mencionados son atrapados bajo la cubierta plástica y es así como producen su efecto.

Por otra parte, los mismos autores señalan que la descomposición de estiércol animal libera gas amonio. Este último afecta negativamente la supervivencia o germinación de ciertos hongos y nemátodos del suelo. El estiércol de ave contiene mayor porcentaje de nitrógeno que el de bovino y está disponible en cantidades comerciales, por tanto sería el que ofrece mayores ventajas para ser utilizado en combinación con la solarización.

## **2.5.- EFECTO SOBRE LAS MALEZAS**

El control de malezas efectuado por la solarización está en función de la especie, ciclo fenológico y tiempo de exposición al tratamiento. Katan (1991), afirma que el control realizado sobre malezas anuales invernales es independiente del estado fenológico en que estas se encuentren al momento de la solarización, ya que dicha técnica realiza un buen control tanto en semillas no germinadas como en plantas que estén creciendo en el período de tratamiento al suelo.

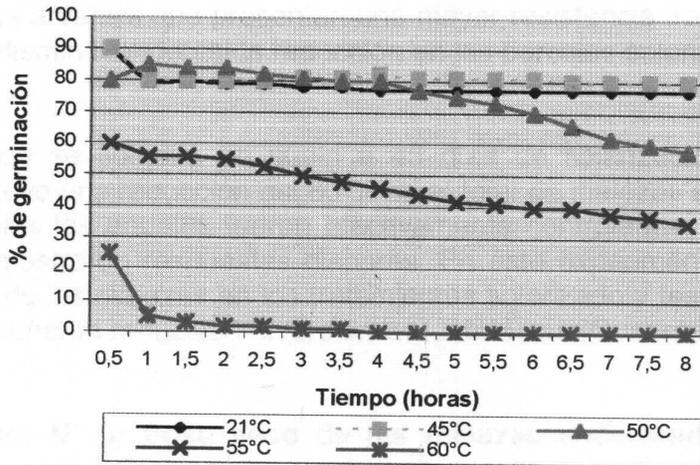
Por otro lado, para el caso de malezas anuales estivales, sus mayores requerimientos térmicos para germinar estarían determinando un control más dificultoso que para el caso de las anteriores, en donde sus bajos umbrales térmicos las hacen más sensibles. A pesar de esto, si el tratamiento al suelo es realizado en condiciones óptimas para la técnica, es de esperarse un buen control de la totalidad de las malezas anuales presentes. Según Katan (1987), las semillas y propágulos de las malezas son controladas de diferentes maneras, como calor directo, quemado de plantas germinadas o de brotes, promoción de la germinación de semillas ubicadas en profundidad para luego eliminarlas mediante altas temperaturas en superficie y posiblemente por desbalances en los compuestos gaseosos del suelo. Probablemente el principal factor de control de semillas y plántulas de malezas sea la exposición directa a las altas temperaturas. Rubin y Benjamin (1984) citados por Katan (1991), estudiaron la respuesta de semillas de 5 especies de malezas expuestas a un régimen de temperaturas constantes de 30 a 90 °C con incrementos de 10 °C cada 30 minutos. La germinación de *Sinapsis arvensis* fue reducida en un 70 % a 50 °C y totalmente controlada a 70 °C, mientras que *Amaranthus retroflexus* y *Datura stramonium* decrecieron a diferentes rangos de temperaturas con un comportamiento similar a una especie medianamente sensible. *Astragalus boeoticus* fue más resistente que las especies precedentes, mientras que *Melilotus sulcatus* no fue afectado significativamente a temperaturas de 90 °C por 30 minutos.

Bustamante *et al.*, (2000) evaluaron el efecto de la solarización en el control de malezas y rendimiento de tomate en Argentina. En la parcelas experimentales, reconocieron 35 especies presentes, siendo las más abundantes *Amaranthus quitensis*, *Polygonum aviculare*, *Rapistrum rugosum*, *Chenopodium* sp. y *Echinochloa crusgalli*. Luego de 6 semanas de solarización, obtuvieron una disminución en el banco de semillas de 65% en la capa superficial (0-10 cm) y de 26% en la fracción profunda (10-25cm).

En cuanto a la efectividad para controlar malezas perennes, la información recabada es inconsistente. Elmore (1983), presenta resultados erráticos para *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Sorghum halepense*. *Convolvulus arvensis* fue controlado durante el tratamiento con calor al suelo, pero rebrotó a las 2-3 semanas. La eficiencia del tratamiento varía según la sensibilidad intrínseca de la especie y no por su mayor tamaño o profundidad de germinación; por ejemplo *Senecio vulgaris* (anual invernal) tiene alta sensibilidad, 4 horas a 40 °C reduce su germinación y 8 horas a la misma temperatura mata a todas las semillas. Para el caso de la semilla de *Portulaca oleracea* (anual estival), esta puede ser controlada con altas temperaturas

(60°C) durante un tiempo de exposición corto, o por temperaturas menores (50-55 °C) durante un período de exposición mayor (Figura N° 5).

**Figura N° 5: Viabilidad de semillas de *Portulaca oleracea* expuestas a diferentes temperaturas.**



Fuente: Elmore (1983)

En un cultivo de lechuga previamente solarizado, Campiglia *et al.*, (1998) determinaron una reducción en el total de biomasa y en la densidad de malezas mayor al 91 %. En este experimento se obtuvieron temperaturas máximas de 46°C y la reducción en el porcentaje de emergencia de *Portulaca oleracea* fue de 92 %, lo que estaría en desacuerdo con lo citado por Elmore, 1983 (Figura N° 5).

Bustamante *et al.* (1998) obtuvieron similares registros de temperaturas que Campiglia *et al.* (1998), pero sin embargo la reducción en el banco de semillas no fue suficiente en la mayoría de los casos para suprimir el desarrollo de malezas a lo largo de la estación de crecimiento de un cultivo de tomate. La solarización del suelo se llevó a cabo por un período de 60 días durante los meses de Enero y Febrero en la localidad de Río Negro, Argentina. A una profundidad de 10 cm la reducción en el número de semillas germinadas en los primeros 30 días de tratamiento alcanzó un valor de 52 %. En tanto que a los 60 días, la efectividad de este tratamiento se incrementó sólo en un 12%. Respecto de la fracción más profunda del suelo, el efecto de este tratamiento fue más

notable a los 60 días en que se redujo un 64 %, mientras que a los 30 días éste fue sólo de un 37 %.

La solarización redujo el desarrollo de malezas en un 50 % en promedio aunque no las suprimió por completo. Esto posiblemente se debió a la presencia de especies perennes, como por ejemplo *Cynodon dactylon* y *Convolvulus arvensis* que presentan una mayor resistencia frente al tratamiento con calor, disminuyendo así la reducción en las parcelas solarizadas. -

Cuando se sometió un suelo a 45 días de solarización, Abu-Irmaileh (1991), obtuvo una reducción del 80 % en el total de malezas emergidas, dentro de las cuales las anuales fueron efectivamente controladas, mientras que las perennes mostraron respuestas dispares. En este experimento se comparó el peso seco de las malezas en los tratamientos solarizado y testigo, para de esta manera obtener la reducción en crecimiento de éstas (Cuadro N° 6).

**Cuadro N° 6: Peso seco de las malezas encontradas en un suelo solarizado y sin solarizar.**

Especie	PESO SECO DE MALEZAS ( g/m <sup>2</sup> )		% Reducción
	Testigo	Solarizado	
<i>Malva parviflora</i> L.	226.5	54.7	76
<i>Chenopodium murale</i>	206.2	32.8	84
<i>Sonchus oleraceae</i> L.	49.4	9	82
<i>Cynodon dactylon</i>	112.7	5.5	95
<i>Anthemis palestina</i>	35.4	10	41
<i>Medicago polymorpha</i>	25.8	4.2	83
<i>Phalaris brachystachis</i>	28.6	0	100
<i>Beta vulgaris</i>	26.1	4.4	94
<b>TOTAL</b>	<b>710.7</b>	<b>120.6</b>	<b>83</b>

Fuente: Adaptado de Abu – Irmaileh (1991).

Los cuadros N° 7 y 8 fueron realizados a partir de la información obtenida de Katan (1991) y Elmore (1983), con datos pertenecientes a varias localidades y en donde se discriminó el control efectuado por la solarización entre malezas anuales y perennes.

Cuadro N° 7: Susceptibilidad de malezas anuales a la solarización.

	ESPECIE	SENSIBILIDAD
<b>ANUALES INVERNALES</b>	<i>Avena fatua</i>	Moderadamente sensible
	<i>Lamium amplexicaule</i>	Sensible
	<i>Poa annua</i>	Sensible
	<i>Sonchus oleraceae</i>	Sensible
	<i>Senecio vulgaris</i>	Sensible
	<i>Urtica urens</i>	Sensible
	<i>Medicago polymorpha</i>	Sensible
	<i>Phalaris paradoxa</i>	Sensible
	<i>Stellaria media</i>	Sensible
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Sensible
<b>ANUALES ESTIVALES</b>	<i>Conyza canadiensis</i>	Moderadamente resistente
	<i>Echinochloa crusgalli</i>	Sensible
	<i>Melilotus sulcatus</i>	Resistente
	<i>Portulaca oleraceae</i>	Sensible a mod. sensible
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Sensible
	<i>Xanthium spinosum</i>	Sensible
	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Sensible a mod sensible
	<i>Chenopodium album</i>	Sensible
	<i>Eragrostis magastachys</i>	Sensible
<i>Setaria glauca</i>	Sensible	

Fuente: Adaptado de Katan (1991) y Elmore (1983).

Cuadro N° 8: Susceptibilidad de las malezas perennes al tratamiento de solarización

ESPECIE	SENSIBILIDAD
<i>Convolvulus arvensis</i> ( vegetativo )	Mod. Resistente a resistente
<i>Convolvulus arvensis</i> ( semilla )	Moderadamente sensible
<i>Cyperus esculentus</i>	Resistente
<i>Cyperus rotundus</i>	Resistente
<i>Cynodon dactylon</i> ( vegetativo )	Moderadamente sensible
<i>Cynodon dactylon</i> ( semilla )	Sensible
<i>Sorghum alepense</i> ( vegetativo )	Moderadamente sensible
<i>Sorghum alepense</i> ( planta )	Sensible
<i>Chloris gayana</i>	Sensible

Fuente: Adaptado de Katan (1991) y Elmore (1983).

Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Egley (1983) para *Cyperus rotundus* y Braun (1987) para *Digitaria sanguinalis* citados por Abu-Irmaileh (1991), los cuales señalan un aumento en la emergencia. Según Horowitz *et al.*, (1983) citado por Stevens *et al.* (1990), *Conyza* y *Malva* sp. fueron relativamente resistentes. Stevens *et al.* (1990), reportan un control efectivo de *Cyperus rotundus*, *Echinochloa crusgalli* y *Amaranthus retroflexus* mediante la solarización del suelo durante un período de 98 días. En este mismo experimento, al combinar la técnica de solarización y la aplicación de herbicida (DCPA) se observó que en un suelo no solarizado pero con aplicación de herbicida, el número total de malezas se redujo en un 69 %/Por el contrario, en suelos solamente solarizados hubo 91 % de reducción de malezas. Además la aplicación de ambos tratamientos, es decir, solarización y herbicida, no presentó diferencias significativas con el tratamiento que recibió únicamente solarización. López Elías y Jiménez León (1995), obtuvieron un 98 % de reducción en la presencia de *Convolvulus arvensis*, *Portulaca oleracea* y *Amaranthus palmeri*, mediante la solarización de suelo por un período de 29 días en el mes de julio en el estado de Sonora, México.

Triolo *et al.*, (1984) citado por Katan (1987), midieron la composición florística de 8 parcelas no solarizadas encontrando como malezas principales a *Cyperus longus*, *Portulaca oleracea* y *Chenopodium* sp., con predominio de la primera. Al terminar el tratamiento con solarización, el nivel de infestación de malezas se redujo un 70-85 %.

- Katan (1991), señala que generalmente el *Cyperus rotundus* es resistente a este tratamiento, lo que estaría en desacuerdo con lo afirmado por Stevens *et al.*, (1990) citado por Abu-Irmaileh (1991). En estudios realizados observó que la reducción de los tubérculos se encuentra usualmente por debajo del 40 %, comparado con un área no tratada. Rubin y Benjamin (1984) citado por Katan (1991), encontraron que temperaturas de 70 °C durante 30 minutos redujeron significativamente la germinación de los tubérculos en el suelo. Esto puede lograrse durante períodos mayores de tiempo y con temperaturas de 55- 60 °C, por lo cual, aparentemente la solarización por sí sola no permitiría obtener un adecuado control de esta maleza.

Para el caso de *Sorghum halepense*, Katan (1991), reporta que el nivel de semillas de esta maleza decrece luego de tratamientos por un período de 2 días a 50 °C o 0,5 días a 60 °C. Además, no se encontraron semillas viables luego de 2 días a temperaturas de 70 °C.

### **2.5.1.- Factores que favorecen el control de malezas**

- Humedad del suelo e irrigación
- Momento y duración de la solarización
- Sensibilidad de la especie a controlar
- Ancho y orientación del cantero

Un postulado general de la solarización es que el suelo debe estar húmedo desde el comienzo de la aplicación de la técnica. Sin embargo, Katan *et al.*, (1976) citado por Katan (1987) han observado un efectivo control de malezas cuando el suelo fue irrigado inicialmente y luego humedecido 3 a 6 días semanales o cada intervalos más largos de tiempo, lo que hace suponer que no existen diferencias entre un método u otro.

Por su parte Egley (1983) citado por Katan (1991), realizó estudios sobre semillas de 8 especies de malezas, a las que sometió a diferentes temperaturas en suelos seco y húmedo por 7 días, para luego hacerlas germinar. ~~La germinación y viabilidad fue más afectada en suelos húmedos.~~ En suelos secos las semillas no murieron al ser expuestas a 60 °C durante el transcurso del experimento.

Se obtienen resultados consistentes cuando el control de malezas se realiza durante los periodos de alta radiación solar, en pleno verano. En experimentos conducidos durante los meses de Mayo, Setiembre y Enero (hemisferio Norte), Horowitz *et al.* (1983) citados por Stevens *et al.*, (1990), encontraron que las máximas temperaturas a los 5 cm fueron de 45.3, 41.9 y 27.7 °C respectivamente. En los experimentos de verano las malezas no se desarrollaron bajo el plástico y el efecto residual se extendió hasta 1 año después. En Setiembre, aunque hubo un buen control luego de 4, 6 u 8 semanas de solarización, no se observó un control residual durante el siguiente año. Durante los tratamientos de invierno las malezas crecieron debajo del plástico y no hubo ningún efecto residual, por lo tanto el momento en que se realice el tratamiento condicionará la residualidad en el control.

Egley (1983) citado por Katan (1991), comparó el control de semillas mediante 1 a 4 semanas de solarización. Solamente 1 semana de tratamiento redujo significativamente el número de semillas viables de *Sida spinosa*,

*Xanthium pensylvanicum*, *Abutilon theophrasti* y *Anoda cristata*. Cuando la duración se incrementó, se controlaron otras especies adicionales.

En cuanto a la duración del efecto residual de la solarización, Elmore (1983) señala que este se mantiene en el tiempo durante 2 ciclos sucesivos de cultivo y no más de 2-3 años sin realizar tratamiento, lo que está de acuerdo con lo indicado por Katan (1991).

### **2.5.2.- Control integrado**

Una de las alternativas válidas de esta técnica es su utilización combinada con prácticas culturales convencionales, como la aplicación de herbicidas. La solarización permitiría disminuir las dosis a aplicar de estos productos, redundando en costos directos menores y al mismo tiempo, en un impacto ambiental menor. Con respecto a esta temática, Nakayama *et al.* (1989) citados por Katan (1991), obtuvieron un control efectivo de malezas, con una reducción del 33 % en la dosis del herbicida bajo estudio.

Cabello y Verdu (1995), combinando la solarización del terreno durante 4 semanas y la utilización del herbicida Pendimetalin (preemergente) a dosis de 1.3 l. i.a./ha, obtuvieron el mejor control de malezas presentes, al igual que el mayor rendimiento del cultivo.

## **2.6.- EFECTO SOBRE RENDIMIENTO**

Katan (1991) afirma que el incremento de los rendimientos por medio de la solarización está determinado por varios factores que afectan la eficiencia de la misma, estos son :

- daño causado por la enfermedad;
- nivel de infestación del suelo;
- efectividad en el control de la enfermedad;
- contaminación por cultivos vecinos;

- respuesta incremental en el crecimiento del cultivo;

Lo recién mencionado y principalmente la respuesta incremental del cultivo se visualiza en el Cuadro N° 9, en donde se presentan varios cultivos y sus correspondientes rendimientos luego del tratamiento con calor del suelo. Además, este autor sostiene que en algunos casos la calidad también se mejora.

**Cuadro N° 9: Incremento de rendimiento en diversos cultivos luego de la solarización.**

CULTIVO	PATOGENO CONTROLADO	%INCREMENTO RENDIMIENTO.
Papa	<i>Verticillium dahliae</i>	35-118 (a)
	<i>Pratylenchus thornei</i>	46 (c)
Algodón	<i>Verticillium dahliae</i>	60
	<i>Fusarium oxysporum</i>	40-70
Maní	<i>Sclerotium rolfsii</i>	42-64 (c)
		105-146 (b)
Cebolla	<i>Pyrenochaeta terrestris</i>	60-125
Tomate	<i>Meloidogyne sp.</i>	242
	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	242-245
Berenjena	<i>Verticillium dahliae</i>	215
Zanahoria	<i>Orobanche aegyptica</i>	70 (c)
Poroto	<i>Orobanche crenata</i>	25-432

Fuente: Katan *et al.* (1991)

- (a) rendimiento comercializable
- (b) aumento en el rendimiento de primera
- (c) rendimiento total en ton/ha

Gamliel y Stapleton (1997) reportan rendimientos diferenciales entre suelos solarizados y no solarizados para un cultivo de lechuga. Para el primero, el número de plantas/m<sup>2</sup> duplica a las existentes en el testigo (7,4 y 4,2 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente), aumentando de esta forma el rendimiento por parcela. En el mismo experimento se comparó los efectos de la solarización, evaluando los rendimientos obtenidos en dos localidades para dos cultivos sucesivos de lechuga. Se observó que en uno de los experimentos los aumentos fueron de 51 y 93 % respectivamente para el primer y segundo

cultivo, mientras que en el otro experimento los aumentos fueron tan solo del 12 y 9 % para la secuencia planteada. Además al agregar compost de estiércol de pollo antes del tratamiento con calor al suelo, el rendimiento aumentó 24 y 26 % en la localidad 1 y 2, en comparación con el suelo solo solarizado. En cuanto a esto último, es importante señalar que puede existir fitotoxicidad, especialmente si el estiércol aplicado no fue completamente descompuesto, lo que se traduce en un menor vigor y producción por planta (McCarter et al., 1978, citado por Montealegre et al., 1996).

Triolo *et al.*, (1984) estudiaron el efecto de la solarización y en especial, el de diversos materiales plásticos sobre el rendimiento de dos cultivos sucesivos de lechuga (Cuadro N° 10).

**Cuadro N° 10: Efecto de la solarización sobre la productividad de lechuga.**

TRATAMIENTO	1983		1984	
	Kg/m <sup>2</sup>	Incremento %	Kg/m <sup>2</sup>	Incremento %
No solarizado	2.7 a	--	2.2 a	--
PE 50 *	3.8 b	40.7	3.5 b	59
PE 150 *	4.9 c	81.4	3.9 b	77.2

Fuente: Triolo, Vannacci y Scaramuzzi (1984).

\* PE - polietileno de 50 y 150 micrones de espesor respectivamente.

Valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas con  $p \leq 0,01$

Existe un incremento en la productividad del cultivo de lechuga en las parcelas solarizadas en dos años de evaluación. En el primer año de estudio, se verificaron diferencias en rendimiento entre distintos espesores de nylon; en cambio, para el segundo año, no se detectaron diferencias entre los materiales plásticos, pero sí entre éstos y el testigo.

Materazzi *et al.*, (1986), en dos años de evaluación sobre el cultivo de lechuga, observaron un incremento en la producción de 32.4 y 48.3 % para dos años consecutivos en las parcelas solarizadas, debido a un aumento significativo del peso promedio por planta. Cabe destacar que no se detectaron

diferencias significativas en el porcentaje de plantas sanas, para ninguno de los años considerados.

En el cultivo de tomate, Montealegre *et al.* (1996), observaron diferencias cuantitativas y cualitativas de producción (Cuadro N° 11), comparando un suelo previamente solarizado y otro con esterilización química (bromuro de metilo).

**Cuadro N° 11: Rendimiento total y por categorías obtenidos en los tres tratamientos para tomate, variedad Fortaleza.**

CATEGORIA	TESTIGO kg/planta	SOLARIZADO kg/planta	CH <sub>3</sub> Br (68 gr/m <sup>2</sup> ) kg/planta
Primera	0.2	0.27	0.19
Segunda	0.16	0.17	0.12
Tercera	0.14	0.14	0.14
Total	0.5	0.58	0.45

Fuente: Montealegre, Fuentes y Henríquez (1996).

Se observa como el tratamiento solarizado fue el que presentó mayor rendimiento total en kg/planta. Esta diferencia se podría explicar por los mayores volúmenes cosechados dentro de las categorías primera y segunda, que son por otra parte, las de mayor valor comercial. Estos resultados coinciden con la información presentada por Cassanello y Nuñez (1999), quienes reportan que tanto la solarización, como ésta junto con la aplicación de dazomet a la mitad de dosis comercial, aumentaron los rendimientos del cultivo así como también la producción dentro de las categorías especial, primera y segunda. Bustamante *et al.*, (1998) también para el cultivo de tomate, reportan aumento de un 15 % en las parcelas solarizadas frente al testigo, pero a diferencia de lo observado por Montealegre *et al.*, (1996), el rendimiento fue 1 % menor que el registrado con el tratamiento con bromuro de metilo.

[Con relación a la duración del ciclo, Gepp *et al.*, (1999), encontraron diferencias significativas en la precocidad del cultivo de lechuga luego de 60 y 90 días de solarización del terreno. A los 58 días luego del trasplante ya se había cosechado el 69% de las lechugas en las parcelas solarizadas, mientras que en los testigos aún no se comenzaba con tal tarea, debido al pequeño tamaño de las plantas. Dichos resultados coinciden con la información presentada por Fiume (1995), quien evaluó el efecto de la solarización sobre la

precocidad de un cultivo de lechuga en invernáculo. Este tratamiento tuvo el ciclo de crecimiento más corto y los mayores rendimientos registrados.

En el cultivo de frutilla, Cassanello et al. (1987) reporta una mayor precocidad en las parcelas solarizadas, aunque en este caso debido posiblemente a que el nylon permaneció como mulch permitiéndole al sistema radicular establecerse rápidamente y empezar a florecer antes que en las parcelas con nylon negro.

## **2.7.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SOLARIZACION**

Katan (1991), identifica las siguientes ventajas de la solarización frente a técnicas alternativas que persiguen fines similares:

- es un método no químico, no contaminante del medio ambiente ni de la salud humana;
- es simple de instrumentar y aparentemente no produce disturbios en el equilibrio biológico del suelo, aunque esto aún no ha sido fehacientemente comprobado, ya que se podría pensar de que al no ser selectivo en su acción y al controlar (matando o debilitando) organismos patógenos, el efecto sería similar sobre demás organismos benéficos que habitan en el suelo. Pese a lo anterior, se comprobó en los diferentes sitios en que se practica, que se logra reducir significativamente la población de patógenos y malezas nocivos para las plantas cultivadas y proteger e incrementar la microflora beneficiosa del suelo;
- detoxifica el suelo, ya que aumenta la velocidad de degradación de residuos químicos, teniendo esto una estrecha relación con el aumento en temperatura producido;
- indirectamente por medio de esta técnica se están aumentando los rendimientos obtenidos en los sucesivos cultivos;
- el polietileno usado se puede reutilizar el segundo año o ser dejado como mulch del cultivo durante todo su ciclo;

Y como principales desventajas, Katan (1991) señala:

- no es eficiente en veranos nublados y/o lluviosos;
- está restringida a ciertas áreas y estaciones en el año;
- la tierra permanece ocupada durante por lo menos 30-40 días;
- aún no existen materiales biodegradables.

### **3.- MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1.- LOCALIZACION**

El experimento se realizó en un invernáculo, propiedad de una empresa hortícola familiar ubicada en la localidad de Punta Espinillo, Departamento de Montevideo. Geográficamente se encuentra a nivel del mar, a 34° de latitud Sur, 57° de longitud Oeste y con un registro de precipitaciones promedio que oscila entre 1000-1100 mm anuales, distribuidos irregularmente a lo largo del año.

#### **3.2.- HISTORIA DE LA CHACRA**

El invernáculo fue construido en el año 1998, dentro del cual se realizaron anteriormente los cultivos de morrón, chaucha, tomate y melón. Si bien era la primera vez que se cultivaba lechuga, la incidencia de *Sclerotinia sclerotiorum* en el predio fue creciente año tras año (com. pers. Ing. Agr. Pablo González), a causa de los cultivos huéspedes recién mencionados.

#### **3.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño estadístico utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones (Cuadro N° 12). Los tratamientos fueron:

1. solarización durante 20 días (18-01-00 al 07-02-00)
2. solarización durante 30 días (18-01-00 al 18-02-00)
3. 30 días de solarización con incorporación de abono de pollo fresco
4. testigo (sin tratamiento de suelo)

Cada bloque corresponde a un cantero. Los criterios para seleccionarlos fueron: que estuvieran alejados de los bordes del invernáculo y que no coincidieran con la fila de postes estructurales. Todos los canteros del invernáculo fueron solarizados a excepción de las parcelas testigo y los caminos.

**Cuadro N° 12: Esquema de ubicación de las Unidades Experimentales.**

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV
2	2	4	3
1	4	3	1
4	1	2	4
3	3	1	2

Cada parcela tiene una superficie de 13,2 m<sup>2</sup> (12 m de largo y 1,1 m de ancho) y cuentan en promedio con 168 plantas instaladas.

### 3.4.- SOLARIZACION

La solarización se instaló bajo invernáculo, el día 18 de enero de 2000, con temperaturas diarias promedio del aire de 24,5 °C ( E.A.M de Sayago, Facultad de Agronomía). Se consideraron períodos de duración de 20 y 30 días, luego de los cuales fue retirado el polietileno y el cultivo se trasplanto sin mulch.

Los pasos seguidos para la instalación del experimento fueron:

1. Laboreo realizado en el mes de diciembre: 2 pasadas de disquera y un afinamiento con rastra de dientes. En la Foto N° 1 se aprecia la preparación del suelo a los 20 días de solarización.
2. Formación de canteros de 48 m de largo y 1.1 m de ancho, en los cuales se ubican las parcelas.
3. Agregado de 0,25 m<sup>3</sup> de abono de pollo fresco por parcela en los tratamientos correspondientes, antes de la solarización.
4. Instalación del sistema de riego localizado (1 cinta de goteros por cantero). Se realizaron riegos luego de colocado el nylon, con una frecuencia semanal de dos a tres días, de forma de mantener el perfil lo más húmedo posible. Este manejo se debió a que se partió de un nivel insuficiente de humedad en el suelo, al no haber regado con antelación a la colocación del polietileno.

5. Por último, se cubrió cada cantero del invernáculo con polietileno transparente de 80 micrones de espesor, a excepción de los sectores correspondientes a testigos y caminos.

~ Cabe mencionar que durante toda la solarización, las cortinas del invernáculo permanecieron bajas, de forma de aumentar la temperatura.

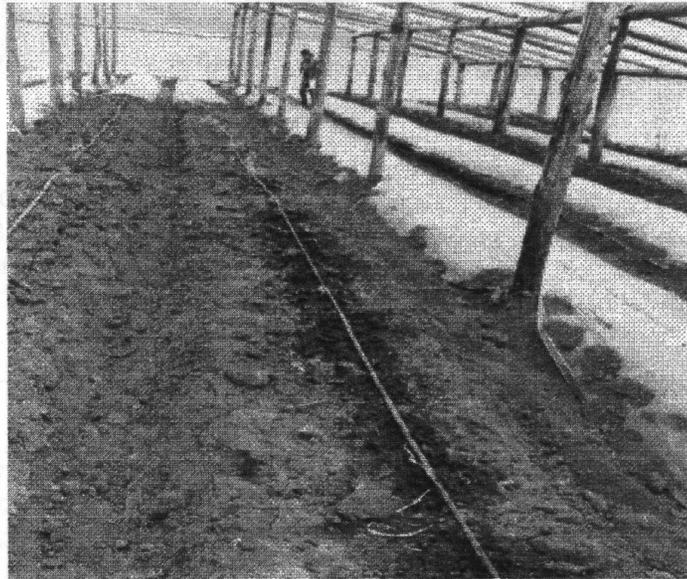
La temperatura fue medida en tres fechas: 26/01, 02/02 y 08/02, en dos de los cuatro bloques (I y III), considerando dos momentos del día (7 am y 4 pm) y distintas profundidades del perfil (5 y 18 cm). Para esto se utilizó un termómetro de suelo, de origen alemán, con una precisión de 1°C.

### 3.5.- MANEJO DE CULTIVO

La variedad de lechuga utilizada fue Dolly. Dicha variedad es de tipo Capitata, hojas mantecosas, con tamaño de cabezas medias (400-600 gramos), poco compactas, hojas suculentas y nervaduras poco prominentes.

Luego de los tratamientos de solarización, se retiró el polietileno para instalar los cultivos de lechuga. Las fechas de trasplante de ambos cultivos se indican en el cuadro N°13.

**Foto N° 1: Estado del suelo a los 20 días de instalar la solarización.**



**Cuadro N° 13: Descripción de los ciclos de lechuga evaluados**

CULTIVO	Fecha de trasplante	Fin de cultivo
Primero	17 de marzo	3 de mayo
Segundo	7 de junio	11 de agosto

Los almácigos fueron realizados en el mismo predio, dentro de un invernáculo destinado a dicha producción. Se utilizaron bandejas de espuma-plast y el sustrato consistió en compost esterilizado adquirido en una casa comercial.

El trasplante del primer cultivo se realizó un mes después de retirado el film plástico. De esta forma, el suelo quedó libre y expuesto, pudiendo tener implicancias en su recolonización. Pero esto no sería relevante por las características del patógeno y la ausencia de hospederos. Igual período de tiempo transcurrió entre la última cosecha del primer cultivo y el trasplante del segundo, debiendo utilizar el productor un rotovador a 5 cm de profundidad para afinar el suelo. El trasplante del segundo cultivo se realizó en los bloques II, III y IV. Sin embargo, solamente los dos últimos fueron sembrados simultáneamente y es por tal motivo, que las variables plantas afectadas por

*Sclerotinia sclerotiorum* y plantas cosechadas fueron evaluadas únicamente en estos bloques, por ser necesario observar su evolución en el tiempo. Las variables plantas instaladas y la evaluación de malezas no presentaban problemas al ser medidas tardíamente y por ello fue incorporado el bloque II.

Las medidas de manejo fueron iguales para todos los tratamientos, con el objetivo de no introducir variables que distorsionaran los resultados. A partir de esto, seguidamente se describen tales medidas, como: densidad, fertilización, tratamientos fitosanitarios y riego.

#### Dimensiones de las parcelas:

- 12 metros de largo
- 1,1 metros de ancho de mesa
- 0,4 metros entre canteros

Dirección de los canteros: Norte – Sur.

Densidad: 13 plantas/m<sup>2</sup>, a razón de 4 filas por cantero:

- distancia entre filas: 25 cm.
- distancia entre plantas: 28 cm.
- N° de plantas/parcela: 171

#### Manejo de suelo

a.- Caracterización del suelo:

El mismo fue caracterizado como Brunosol de textura franco-arcillo-limosa, con un horizonte A de 25 cm y una transición poco clara hacia un horizonte B textural más arcilloso. Este tipo de suelo es el característico en la zona Sur del país. En el cuadro N° 14 se presentan las características químicas que determinarán en gran medida la nutrición mineral de los cultivos.

**Cuadro N° 14: Análisis químico correspondiente al suelo donde se instaló el experimento.**

<b>PH H<sub>2</sub>O</b>	<b>pH KCl</b>	<b>% MO</b>	<b>P ppm</b>	<b>K*</b>	<b>Ca*</b>	<b>Mg*</b>	<b>Na*</b>
6.4	5.2	3.4	>60	0.91	9.5	2.4	0.48

Fuente: MGAP, 2000.

\* meq/ 100 gramos de suelo.

Este suelo es apto para la producción de hortalizas, lo que interesa a los fines prácticos del presente trabajo.

b.- Fertilización:

La nutrición mineral fue la misma para ambos cultivos. Se aportó posterior a la solarización (luego de retirado el polietileno) y antes de cada trasplante. Se utilizó un rotovador a una profundidad de 5 cm, para incorporar la cal, los fertilizantes nitrogenados y lograr un mayor grado de afinamiento. Esta misma herramienta fue utilizada antes del trasplante del segundo cultivo, bajo las mismas condiciones. En el cuadro N° 15 se ilustran tanto los fertilizantes utilizados como las dosis y momentos de aplicación de cada uno de ellos.

**Cuadro N° 15: Fertilización realizadas en el total de un ciclo de cultivo.**

<b>Base *</b>	<b>Fertirriego **</b>	<b>Foliar ***</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.5kg de abono de pollo fermentado</li> <li>• 0.005 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></li> <li>• 0.005kg de NO<sub>3</sub>NH<sub>4</sub></li> <li>• 0.005 kg de cal</li> <li>• 0.01 kg de triple 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,004kg de NO<sub>3</sub>Ca</li> <li>• 0,001kg de NO<sub>3</sub>NH<sub>4</sub></li> <li>• 0,004 kg de NO<sub>3</sub>K</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,04kg Wuxal 5 en 20 litros de agua</li> </ul>

\* Las cantidades están expresadas en kg de producto/m<sup>2</sup> y se realizaron luego de retirado el polietileno utilizado para el tratamiento con calor.

\*\* nitrato de calcio se aplicó a los 20 días post-trasplante, en cambio, los otros dos fertilizantes a los 10 días luego de trasplantado el cultivo.

\*\*\* A diferencia de los dos anteriores, estas dosis son semanales.

### Riego:

Las características que presentó el sistema son: cinta de riego con goteros distanciados 70 cm, cada uno con un caudal de 2 l/hs. Considerando las dimensiones de los canteros y la distancia entre emisores, se obtiene un volumen de agua por cantero de 274 l/hs.

Los momentos de riego fueron elegidos por el productor, generalmente 2-3 veces por semana, en base a la demanda atmosférica existente y al estado fenológico del cultivo.

### Tratamientos fitosanitarios:

Iprodione fue el principio activo (nombre comercial Rovral) utilizado para el control de la infección por ascosporas de *Sclerotinia sclerotiorum*. En cuanto al control de insectos, se utilizó el p.a. Pyrimicarb (nombre comercial Pirimor) para pulgones y lagarta. La frecuencia de aplicación fue cada 15 días, respetando los tiempos de espera.

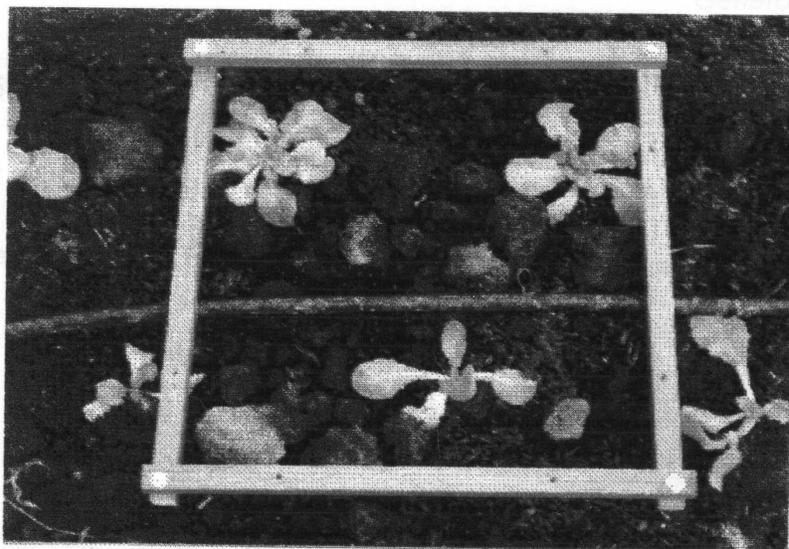
## 3.6.- VARIABLES EVALUADAS

Las variables que se enumeran a continuación fueron relevadas durante dos ciclos consecutivos de lechuga, realizados después de la solarización y para evaluar las características y repercusiones de la técnica en estudio.

### 3.6.1.- Número de plantas instaladas

A los 15 días de trasplantados cada uno de los cultivos de lechuga (2 de abril y 20 de julio respectivamente), se realizó un recuento del número de plantas efectivamente instaladas, para de este modo evitar errores posteriores en la medición de las demás variables evaluadas (Foto N° 2).

**Foto N° 2: Estado de desarrollo al realizar el recuento de plantas instaladas.**



### 3.6.2.- Incidencia de tumbado

Se elaboró una clave sencilla que permite una rápida y efectiva identificación del patógeno causante de la enfermedad:

- Plantas que detienen su crecimiento, amarillean y se marchitan.

La zona del cuello y base de las hojas se presenta húmeda, blanda y descompuesta.

Al intentar arrancar las plantas, estas no ofrecen ninguna resistencia.

Estos síntomas pueden aparecer tanto en planta joven como adulta, aunque son más comunes en este último caso, debido precisamente al microclima que la propia planta genera en la zona cercana al suelo (Maroto et. al., 2000).

**TUMBADO**

a) Micelio blanco en el cuello de la planta, acompañado de órganos oscuros y duros (esclerotos), que son los encargados de la conservación, multiplicación y difusión del hongo.

*Género Sclerotinia*

a.1 ) Esclerotos pequeños, de forma redondeada, de tamaño variable entre 0.5 y 3 milímetros.

*Sclerotinia minor*

a.2 ) Esclerotos de forma irregular y tamaño mayor a 3 milímetros, llegando incluso hasta los 10 a 15 milímetros.

Puede comenzar como pudrición blanda a nivel de hojas superiores.

*Sclerotinia sclerotiorum*

b) Micelio gris ceniza, característico.  
Sin presencia de esclerotos.

*Botrytis cinerea*

La rutina de trabajo consistió en el recorrido de las parcelas una vez a la semana, para detectar visualmente plantas con síntomas y analizar las posibles causas. Mediante este proceso, las plantas recogidas con síntomas claros que permitían la identificación del agente causal del tumbado fueron contadas, extraídas y eliminadas. A diferencia de esto, las plantas con sintomatología no definida o sin la presencia de signo, fueron contadas, extraídas y llevadas al laboratorio para determinar las causas mediante la técnica de cámara húmeda.

Debido a las características de esta enfermedad, las condiciones ambientales y al estado fenológico del cultivo, las evaluaciones de incidencia se hicieron a partir de la tercer semana post-trasplante, en las siguientes fechas: 22, 24, 27 de abril y 3 de mayo, en el primer ciclo de lechuga. En el caso del segundo cultivo, las mediciones se realizaron los días 6, 19, 28 de julio y 11 de agosto.

### 3.6.3.- Evaluación de malezas

La metodología consistió en evaluar el número total de malezas y la importancia relativa de cada una de ellas en las siguientes fechas:

- 17 de marzo (inmediatamente antes del primer trasplante) y 7 de abril (20 días después del trasplante, en formación de cabeza para el primer cultivo).

- 6 de julio (29 días luego del trasplante para el segundo cultivo, en igual estado fenológico que el cultivo anterior).

En el primer cultivo, la medición correspondiente al 17 de marzo no fue posible realizarla dentro del invernáculo por haber laboreado con un rotovador todos los canteros del experimento. Por esta razón se tomaron registros fuera del mismo, para lograr una aproximación de la composición botánica del lugar.

Para realizar las mediciones, se utilizó un cuadro de madera de 0.16 m<sup>2</sup> superficie, el cual se muestra en la Foto N° 2. Dicho implemento fue lanzado al azar en todas las parcelas, contabilizando e identificando el número total de malezas presentes. Se realizó una medida en cada parcela, obteniendo de esta forma 4 muestras por tratamiento. -

#### 3.6.4.- Estimación de precocidad y cosecha

- Al realizarse el experimento en un predio privado, la decisión sobre las plantas a cosechar la efectuó el productor. Por tal motivo, en primera instancia se realizó una cosecha "virtual" apoyada en mediciones cuantitativas como el diámetro y la forma de las cabezas, para obtener resultados objetivos en cuanto a la precocidad de los diferentes tratamientos. Para el caso del diámetro, se procedió a realizar un muestreo de lechugas (10 plantas) próximas a cosecha en otro predio comercial, obteniéndose un valor promedio mínimo de 30 cm. Se uso este valor para determinar el número de cabezas prontas a cosecha en el primer ciclo de lechuga.

⇒ A partir del inicio de la misma y luego de cada recolección, la metodología empleada fue contabilizar los "toquitos" de los tallos en cada parcela. Mediante este proceso, se llegó a obtener el número real de plantas cosechadas por tratamiento en las siguientes fechas: 24 y 27 de abril, 3 de mayo (para el primer cultivo) y 19 de julio, 28 de julio y 11 de agosto (segundo cultivo).

La precocidad fue evaluada en las dos primeras fechas de cada ciclo, haciéndose énfasis en las mediciones acumuladas hasta el 27 de abril (primer cultivo) y 28 de julio (segundo cultivo) por ser aquí donde se alcanzaron los mayores volúmenes antes de la cosecha final de cada cultivo.

El rendimiento fue estimado a partir del número total de plantas cosechadas por tratamiento (3 de mayo y 11 de agosto para el primer y segundo cultivo respectivamente), siendo este el único componente de rendimiento considerado (al no haberse tomado el peso de las plantas).

### 3.7.- ANALISIS ESTADISTICO

Para detectar diferencias significativas se utilizó la prueba t (MIXED Procedure), con una confianza fijada en 95 %. Se analizaron estadísticamente las variables: plantas instaladas, plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* y plantas cosechadas. Para el caso de la variable malezas, no fue necesario realizar análisis estadístico por las grandes diferencias entre los tratamientos solarizados y el testigo.

Las variables numéricas de conteo no tienen distribución normal, por tal motivo y para normalizar su distribución, fue necesario utilizar la raíz cuadrada de los valores para efectuar el análisis estadístico. Es por esto que pueden existir algunas diferencias entre las medias aritméticas presentadas en los análisis y los registros de campo.

## 4.- RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1.- TEMPERATURA DEL SUELO

En el cuadro N° 16 se presentan las temperaturas registradas.

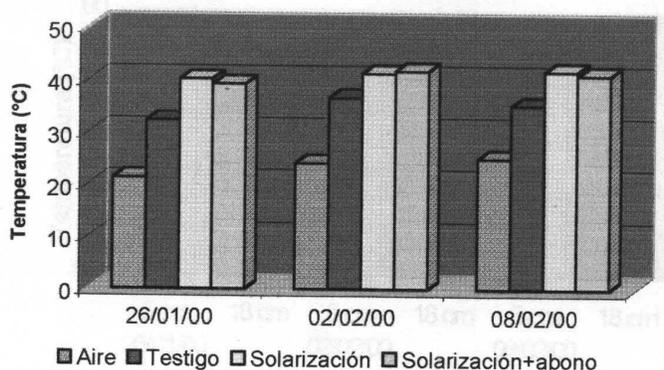
**Cuadro N° 16: Temperaturas (°C) registradas en los diferentes tratamientos del experimento.\***

Fecha	Hora	Solarización		Solarización + abono de pollo		Testigo	
		5 cm	18 cm	5 cm	18 cm	5 cm	18 cm
26/1/00	7:00	29.3	34.3	27.3	35.3	23.8	28.8
	16:25	55.8	41.3	55.8	39.3	42.3	34.3
2/2/00	6:50	31.8	37.3	32.3	37.8	27.8	33.3
	14:20	53.3	42.8	54.3	42.8	46.8	38.8
8/2/00	8:15	34.3	39.3	31.3	38.8	28.3	33.3
	16:20	50.3	43.3	51.3	42.8	41.8	37.3
<b>Promedios</b>	<b>7:00</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>32</b>
	<b>16:20</b>	<b>53</b>	<b>42</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>37</b>

\*Datos promedio de los bloques I y III

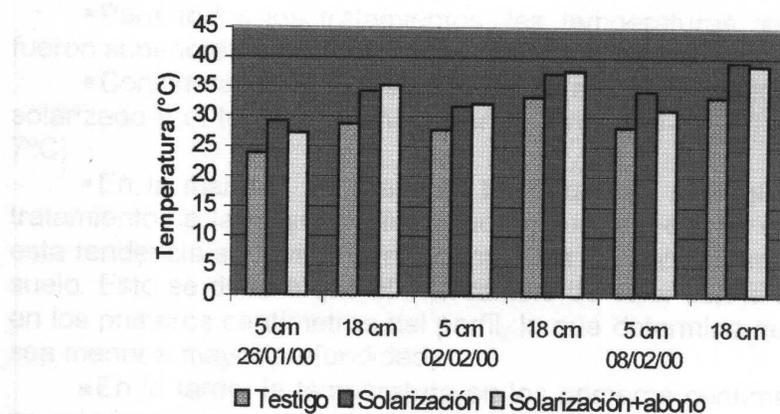
En todas las fechas la temperatura en el suelo solarizado supera la registrada en el testigo, siendo esta diferencia en promedio de 6-7 °C a 5 cm de profundidad. Por otra parte no existieron diferencias entre los tratamientos de solarización, en las temperaturas alcanzadas a igual profundidad. Los datos obtenidos para dicha variable coinciden con la información presentada por De Vay y Katan (1991) y Bustamante *et al.* (1998), en cuanto a los registros de temperaturas en los diferentes tratamientos (Figura N° 6).

**Figura N° 6: Promedio de temperatura (a 5 cm de profundidad) en cada tratamiento relacionado con la temperatura media del aire.**

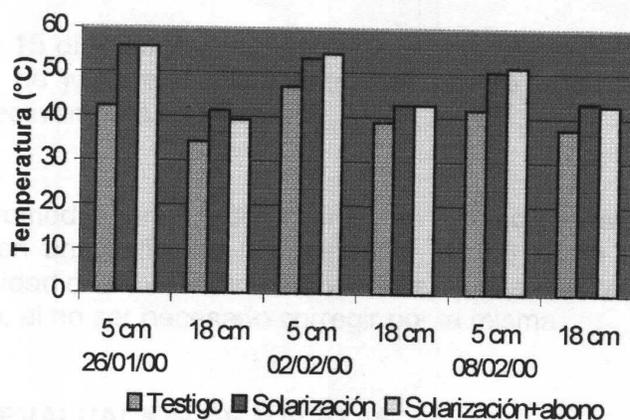


En base a lo anterior se elaboraron las Figuras N° 7 y 8, realizando posteriormente consideraciones sobre las temperaturas registradas en los distintos tratamientos.

**Figura N° 7: Temperatura registrada en la mañana (7 horas).**



**Figura N° 8: Temperatura registrada en la tarde (16 horas).**



- Se destaca la estrecha relación que existe entre la temperatura del aire y la alcanzada a nivel del suelo.
- La temperatura máxima registrada en las parcelas solarizadas, se situó en promedio en 55.8 °C a 5 cm de profundidad.
- El tratamiento que incluyó abono de pollo, no presentó diferencias en las temperaturas alcanzadas con respecto a los tratamientos que tenían únicamente polietileno.
- Para todos los tratamientos, las temperaturas registradas en la tarde fueron superiores a las de la mañana.
- Considerando una misma fecha, la amplitud térmica entre un tratamiento solarizado y el testigo fue mayor en la tarde (10-12 °C) que en la mañana (6-7°C).
- En la mañana las mayores temperaturas se registraron para todos los tratamientos a la mayor profundidad evaluada (18 cm), en cambio, en la tarde esta tendencia se revirtió, siendo mayores los valores en los primeros 5 cm de suelo. Esto se debe a que el intercambio de calor con la atmósfera se produce en los primeros centímetros del perfil, lo que determina que la amplitud térmica sea menor a mayor profundidad.
- En la tarde, la temperatura en los primeros centímetros (5 cm) de suelo no solarizado es similar a la registrada en los 18 cm de suelos solarizados.

## **4.2.- NUMERO DE PLANTAS INSTALADAS**

A los 15 días de trasplantados cada uno de los cultivos de lechuga (2 de abril y 20 de julio respectivamente), se realizó un recuento del número de plantas efectivamente instaladas.

En promedio para los dos cultivos en estudio se instalaron 168 plantas por parcela, con un coeficiente de variación de 6.8 %, lo que está indicando la homogeneidad que existió en esta variable, la cual fue confirmada en el análisis estadístico, al no ser necesario corregir por la misma.

## **4.3.- EVALUACION DE MALEZAS**

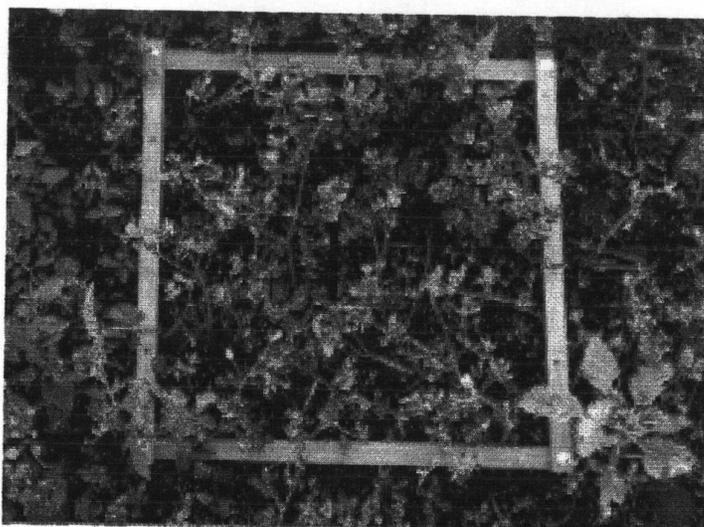
El banco de semillas del suelo es muy grande, pero de éstas, sólo una pequeña proporción germina y emerge en un momento dado, debido principalmente a las condiciones ambientales. Esto genera una gran variabilidad al analizar el número de malezas/superficie, teniendo escasa validez para ser comparado en situaciones distantes.

La heteroblastía es quien controla y explica la perpetuidad y distribución de estas plantas en el tiempo y evita que nazcan muchas de ellas por un estímulo ambiental circunstancial, que luego se revertirá provocando condiciones adversas para éstas (com. pers. Rodríguez, Julio). Por lo tanto, los análisis y resultados consideran los tratamientos en una situación de cultivo dada y no son extrapolables a otra situación distante en el tiempo. Además, los resultados fueron tan diferentes que no fue necesario realizar análisis estadístico para detectar diferencias significativas entre tratamientos. -

### **4.3.1.- Primer cultivo**

En la primera evaluación realizada el día 17/03/00 (fuera del invernáculo) se obtuvo un valor promedio para las 4 medidas tomadas de 408 malezas/m<sup>2</sup>, en la que se destacó *Portulaca oleracea* como especie preponderante con el 93 % del total (Foto N° 3). Las especies relevadas se presentan en el cuadro N° 17, como forma de caracterizar la composición florística de los alrededores del invernáculo.

Foto N° 3: Primera evaluación de malezas (17/03/00)



Cuadro N° 17: Número y especies de malezas (plantas/m<sup>2</sup>) identificadas fuera del invernáculo el día 17/03/00.

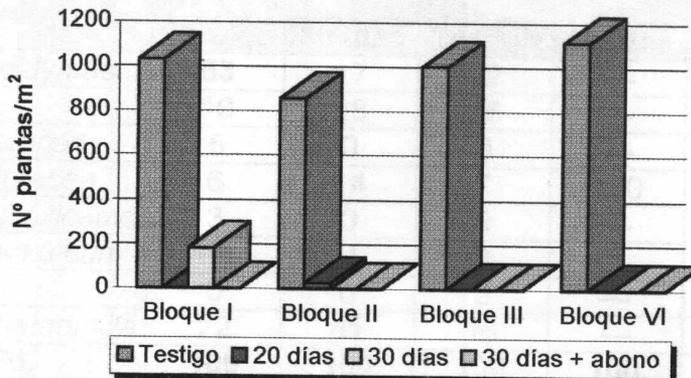
ESPECIE	M1*	M2	M3	M4	Promedio	Porcentaje
<i>Portulaca oleracea</i>	200	656	244	413	<b>378</b>	<b>93</b>
<i>Xanthium spp.</i>	6	6	0	0	<b>3</b>	<b>0.7</b>
<i>Poa annua</i>	19	50	0	0	<b>17</b>	<b>4.2</b>
<i>Echinochloa spp.</i>	12	0	0	0	<b>3</b>	<b>0.7</b>
<i>Datura ferox</i>	0	0	6	6	<b>3</b>	<b>0.7</b>
<i>Galinsoga parviflora</i>	0	0	12	0	<b>3</b>	<b>0.7</b>
<b>TOTAL</b>	<b>237</b>	<b>712</b>	<b>262</b>	<b>419</b>	<b>408</b>	<b>100</b>

\* N° de muestra evaluada

A los 21 días después del trasplante se realizó la segunda evaluación donde fue posible observar que el ambiente más favorable dentro del invernáculo estuvo condicionando un mayor número de malezas presentes.

En la figura N° 9 se ilustran los resultados obtenidos en la segunda evaluación de malezas, donde queda de manifiesto lo recién mencionado, además de observarse la eficiencia de la solarización.

**Figura N° 9: Malezas/m<sup>2</sup> contabilizadas 21 días post-trasplante (7/04/00).**



Se aprecia una disminución importante en el número de malezas/m<sup>2</sup> en los tratamientos solarizados, verificando la efectividad de dicha técnica en el control de semillas de malezas anuales, coincidiendo con lo reportado por Bustamante *et al.* (1998), Katan (1991), Campiglia (1998), López Elías y Giménez León (1995).

En el Cuadro N° 18 se presenta la distribución porcentual de las especies reconocidas, destacándose que la totalidad son malezas anuales y mayoritariamente de ciclo invernal.

**Cuadro N° 18: Importancia relativa ( % ) de las especies identificadas en el primer cultivo 21 días post-trasplante (7/04/00).\***

ESPECIE	B. I		B. II		B. III	B. IV
	Testigo	30 días	Testigo	20 días	Testigo	Testigo
<i>Coronopus didymus</i>	53	17	32	---	32	60
<i>Poa annua</i>	10	28	45	---	44	19
<i>Sonchus oleracea</i>	5	0	0	---	2	0
<i>Portulaca oleracea</i>	6	14	7	100	0	0
<i>Lamium amplexicaule</i>	3	0	0	---	15	21
<i>Chenopodium album</i>	1	0	0	---	0	0
<i>Urtica urens</i>	0	0	0	---	7	0
<i>Matricaria chamomilla</i>	22	41	16	---	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*Se muestran únicamente las parcelas en las cuáles se observaron malezas

Se constató un cambio en la frecuencia y distribución de las malezas presentes, ya que en la primera medición predominaba una especie anual estival (*Portulaca oleracea*), pero a los 21 días posteriores eran *Coronopus didymus* y *Poa annua* (ambas anuales invernales), quienes tenían mayor relevancia, lo que evidencia cambios en las condiciones climáticas que afectaron la germinación y emergencia de las malezas.

Los resultados observados son concordantes con los presentados por Abu-Irmaileh (1991); Triolo *et al.* (1984); Katan (1991); Elmore (1983), Bustamante *et al.* (1998), Katan (1990), Campiglia (1998), López Elías y Giménez León (1995), quienes reportan a las especies relevadas como sensibles al tratamiento con calor, sustentando empíricamente la base de su control sobre las especies de malezas anuales y ratificando la eficiencia de esta técnica.

La única especie en estudio reconocida por Katan (1991) y Elmore (1983) como sensible a moderadamente sensible es *Portulaca oleracea*, la cual en este experimento es una de las tres malezas que se encontraron en las parcelas solarizadas; a pesar de esto se constató un efectivo control. Comparando la información presentada por dichos autores con los datos obtenidos, se puede inferir que para las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, la temperatura máxima promedio registrada el día 26/01 a las 16:25 p.m. (55,8 °C) fue adecuada para el control de esta especie. Esto último

concuera con lo reportado por Campiglia *et al.*(1998), quienes reportan un buen control de *Portulaca oleracea* con temperaturas máximas de 46 ° C.

Se realizó únicamente la evaluación a los 21 días post-trasplante, debido a la carencia de malezas en las parcelas solarizadas durante todo el ciclo del cultivo (cosechado el 3 de mayo), manteniéndose el control en su máxima eficiencia.

#### 4.3.2.- Segundo cultivo

En este caso, no se encontraron malezas en los tratamientos solarizados y se observó una disminución de las mismas en los testigos. En el cuadro N° 19 se presentan las especies encontradas y su total, correspondiente a los tres bloques evaluados, ya que el Bloque I no fue sembrado.

**Cuadro N° 19: Número y especies de malezas/ m<sup>2</sup> en el segundo cultivo 29 días post-trasplante (6/07/00). \***

ESPECIE	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	TOTAL
<i>Urtica urens</i>	1	1	5	7
<i>Poa annua</i>	26	12	22	60
<i>Coronopus didymus</i>	11	8	37	56
<i>Sonchus oleracea</i>	1	0	2	3
<i>Stellaria media</i>	0	4	3	7
<i>Matricaria chamomilla</i>	10	0	6	16
<i>Lamium amplexicaule</i>	3	6	42	51
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>31</b>	<b>127</b>	<b>210</b>

\*Los datos que involucra el cuadro corresponden únicamente a los testigos

La información que surge destaca la efectividad de la técnica, ya que en los tratamientos solarizados no se encontraron malezas y a su vez es coincidente con la anterior en cuanto a la importancia relativa de cada especie, constatándose un aumento en las invernales explicado por las condiciones ambientales. Como más relevantes se ubican: *Poa annua*, *Coronopus dydimus* y *Lamium amplexicaule* (Cuadro N° 20).

**Cuadro N° 20: Importancia relativa (%) de las malezas relevadas en los testigos del segundo cultivo.**

<b>ESPECIE</b>	<b>BLOQUE II</b>	<b>BLOQUE III</b>	<b>BLOQUE IV</b>
<i>Urtica urens</i>	2	3	4
<i>Poa annua</i>	<b>50</b>	<b>39</b>	17
<i>Coronopus didymus</i>	21	26	29
<i>Sonchus oleracea</i>	2	0	2
<i>Stellaria media</i>	0	13	10
<i>Matricaria chamomilla</i>	19	0	5
<i>Lamium amplexicaule</i>	6	19	<b>33</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

#### **4.3.3.- Discusión**

Se destaca la eficiencia de la solarización en el control de semillas de malezas anuales, manteniéndose el efecto residual para todo el período considerado ( Foto N° 4). Para la mayoría de los bloques el control en las parcelas solarizadas fue de 100%, siendo 82% en el tratamiento 30 días (Bloque I) y 97% en el tratamiento 20 días (Bloque II), ambos pertenecientes al primer cultivo. Esto está ratificando lo mencionado anteriormente y además coincide con lo reportado por Materezzi *et al.* (1987); Katan (1991); Elmore (1983); Campiglia *et al.* (1998), Bustamante *et al.* (1998), López y Giménez (1995), tanto por su eficiencia como por el efecto residual.

**Foto N° 4: Grado de enmalezamiento en una parcela testigo y otra solarizada.**



La efectividad lograda en el experimento es explicada por el cumplimiento de todos los factores que potencian dicha técnica, éstos son:

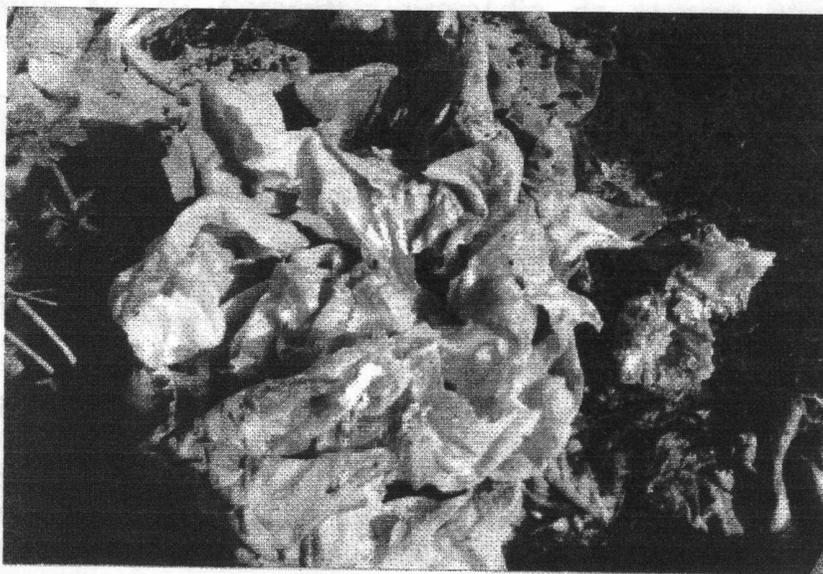
- ↪ ancho y dirección de los canteros: según Katan (1991) las mayores temperaturas se logran con canteros de 1.2-1.4 metros de ancho; y con dirección norte-sur;
- ↪ humedad del suelo: Katan, Greenberger, Alon y Gristein (1976) citados por Katan (1991), señalan como apropiado irrigar el suelo inicialmente y luego humedecerlo 3-6 días semanales. Si bien el primer paso no fue realizado, se logró mantener un nivel de humedad adecuado para el control de semillas de malezas anuales mediante los riegos semanales;
- ↪ época de tratamiento: Horowitz *et al.* (1984) citado por Katan, (1987) y Cassanello y Nuñez (1999) afirman que la misma debe abarcar los meses de mayor radiación;
- ↪ especies a controlar: según Abu-Irmaileh (1991); Triolo *et al.* (1984); Katan (1991) y Elmore (1983), las malezas encontradas como dominantes son sensibles al tratamiento en estudio.

#### 4.4.- INCIDENCIA DE *Sclerotinia sclerotiorum*

##### 4.4.1.- Identificación del patógeno

En el invernáculo donde se realizó el experimento sólo se constató la presencia de *Sclerotinia sclerotiorum* como agente causal de tumbado (Foto N°5). La identificación se basó en la utilización de la clave elaborada. La presencia de este patógeno está condicionando a priori una mayor capacidad de dispersión explicada por la formación de apotecios y por tanto estaría determinando mayores dificultades en su control.

**Foto N° 5: Tumbado de lechuga producido por *Sclerotinia sclerotiorum*.**



El porcentaje de plantas afectadas por *S. sclerotiorum* en los testigos fue de 3,7-5,4 % del total de plantas instaladas, considerando un ciclo de cultivo. Estos valores se encuentran dentro del rango promedio de plantas afectadas por dicho patógeno en los cultivos comerciales de la zona de Montevideo rural (Gepp *et al.* 1999). Debido a que fue la primera vez que se instalaba lechuga, se esperaba un bajo porcentaje de plantas afectadas, lo cual no sucedió así, debido a la presencia anterior de cultivos hospederos.

#### 4.4.2.- Evaluación de los cultivos

La información recabada en la etapa de campo que considera las plantas afectadas por este patógeno en cada una de las fechas, fue corregida por el número de plantas efectivamente implantadas, por las descartadas debido al ataque del hongo y por las plantas cosechadas.

##### 4.4.2.1.- Primer cultivo

Considerando lo anterior, el porcentaje promedio de plantas afectadas en cada parcela en las cuatro evaluaciones se presenta en el Cuadro N° 21.

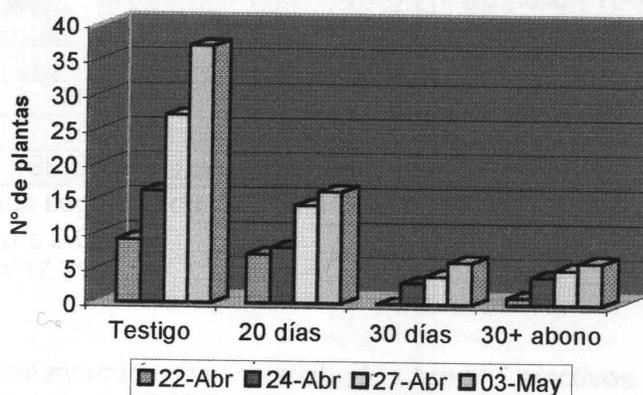
**Cuadro N° 21: Porcentaje promedio de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en el primer cultivo.**

	<b>BL I</b>	<b>BL II</b>	<b>BL III</b>	<b>BL IV</b>	<b>PROMEDIO</b>
Testigo	0.58	4.46	7.64	8.99	<b>5.42</b>
20días solarización	0.57	2.48	3.91	2.48	<b>2.36</b>
30días solarización	0	0	1.20	1.09	<b>0.78</b>
30 días + abono	0.63	0.65	1.28	1.15	<b>0.93</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.45</b>	<b>1.89</b>	<b>3.51</b>	<b>3.43</b>	<b>2.37</b>

En la primer evaluación realizada el 22 de abril, el Bloque II presentó la mayor incidencia de tumbado. Dicha tendencia se revirtió hacia la segunda evaluación y en las dos últimas fechas (27 de abril y 3 de mayo) los Bloques I y II presentaron muy poca incidencia de *Sclerotinia sclerotiorum*. Además en el Bloque I no se observó el comportamiento evidenciado en las tres restantes repeticiones ya que todos los tratamientos fueron iguales al testigo. Es relevante realizar este comentario porque debido a su cosecha más temprana, presentó una menor cantidad de plantas infestadas.

Complementando esta información, en la figura N° 10 se presenta la evolución del número total de plantas afectadas por tratamiento, considerando las cuatro fechas de evaluación.

**Figura N° 10: Evolución del número de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en el primer cultivo.**



En todas las fechas de evaluación, el número total de plantas afectadas fue mayor en el testigo. Gepp *et al.* (1999), encontraron una relación directa y positiva entre plantas afectadas por tumbado y el grado de enmalezamiento, lo cual también es concordante con los resultados obtenidos en esta tesis (Capítulo 4.2).

Se destaca que la enfermedad va aumentando su incidencia en el tiempo, debido a las características del patógeno y además al momento en que las plantas de lechuga se tornan más susceptibles. Maroto *et al.* (2000) afirma que la enfermedad puede aparecer tanto en plantas jóvenes como adultas, pero que estas últimas son más propensas al ataque por el microclima que la propia planta genera. Dicha tendencia positiva es más acentuada en el testigo, posiblemente relacionado con el mayor grado de enmalezamiento, aumentando las diferencias con los tratamientos solarizados en las sucesivas fechas.

Analizando los registros estadísticamente a través de la prueba t, se obtuvieron diferencias significativas entre el testigo y los restantes tratamientos, con una confianza que supera el 99 % (Cuadro N° 22). Los valores son promedios que contemplan todas las fechas y están corregidos por el número de plantas que tiene cada tratamiento en el momento de cada evaluación.

**Cuadro N° 22: Número promedio de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en el primer cultivo (17/03 – 03/05).**

Tratamiento	Número promedio de plantas afectadas*
Testigo	5.05 a
20 días solarización	3.12 b
30 días solarización	1.05 c
30 días + abono de pollo	1.54 c

\*Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente con  $p \leq 0,05$   
C.V= 17.7%

Los tratamientos de solarización fueron efectivos en el control del patógeno. Esto está de acuerdo con Katan (1987) quien señala que para lograr un efectivo control de los principales hongos fitopatógenos por medio del tratamiento con calor, se deben alcanzar temperaturas que oscilen entre 39 y 60 °C. Además coincidió con Montealegre *et al.* (1996); Katan (1991), ya que el tiempo de exposición al tratamiento con calor afectó significativamente el resultado, existiendo diferencias significativas entre el tratamiento de 20 días y los dos de 30 días de duración.

La incorporación de abono previa a la solarización, fue reportada por Gamliel y Stapleton (1993) como más eficiente en el control de tumbado. Sin embargo, en las condiciones del experimento no hubieron diferencias significativas entre el tratamiento solarizado y el solarizado con abono de pollo.

En el Cuadro N° 23 se presenta la reducción en el número de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum*.

**Cuadro N° 23: Reducción (%) de la incidencia del tumbado en el primer cultivo (17/03 – 03/05).**

TRATAMIENTO	N° total acumulado de plantas afectadas	Reducción (%) de incidencia del tumbado
Testigo	37	---
20 días solarización	16	57 *
30 días solarización	4	89
30 días + abono	6	84

Dicha reducción se constató en todos los tratamientos solarizados, coincidiendo con la información de los experimentos de Materazzi *et al.* (1987); Porter y Merriman (1985) y Gepp *et al.* (1999), en cuanto a la eficiencia de la técnica. Los valores porcentuales de reducción obtenidos para el caso de los tratamientos de mayor tiempo de exposición, fueron similares a los citados en la bibliografía, pero se nota una marcada disminución en el efecto del tratamiento con 20 días de solarización.

#### 4.4.2.2.- Segundo cultivo

Se han encontrado algunas discrepancias con el primer cultivo, en lo que respecta a la efectividad de algunos tratamientos. Como se mencionó en el capítulo anterior se analizaron únicamente los Bloques III y IV, presentándose en el cuadro N° 24 los valores porcentuales de plantas afectadas por tratamiento.

**Cuadro N° 24: Porcentaje de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en el segundo cultivo.**

TRATAMIENTO	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
Testigo	3.18	4.23	3.71
20 días solarización	1.68	3.11	2.39
30 días solarización	1.81	3.28	2.55
30 días + abono	0	1.72	0.86
<b>Promedio</b>	<b>1.67</b>	<b>3.09</b>	<b>2.38</b>

No existieron diferencias significativas entre bloques como en el primer cultivo. Considerando únicamente los registros de los bloques III y IV del cultivo anterior, se destaca que el porcentaje de tumbado fue menor, principalmente en los testigos, donde se redujo más de 30 %. Esto podría explicarse tanto por una menor presión de inóculo (en ningún momento se cuantificó este parámetro) como también, por las condiciones ambientales menos favorables para el desarrollo del patógeno (Curso Protección Vegetal Hortícola, 1999). Esto último, es corroborado por los datos de temperatura correspondientes a cada ciclo de cultivo (Cuadro N° 25), evidenciando temperaturas más favorables para el desarrollo de *Sclerotinia sclerotiorum* durante el primer cultivo. Maroto *et al.* (2000) y Curso de Protección Vegetal Hortícola (1999) señalan que las temperaturas óptimas para dicho patógeno se encuentran entre 15-21 °C.

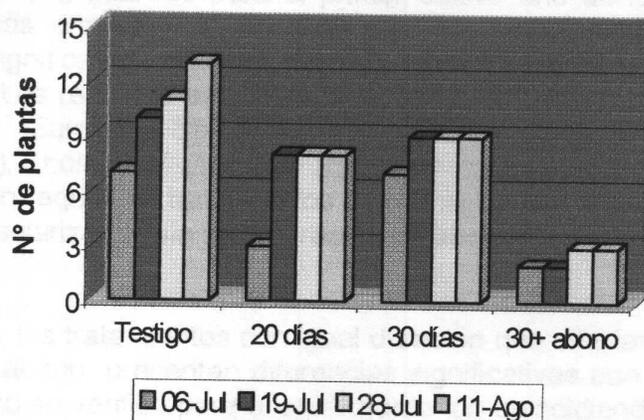
**Cuadro N° 25: Temperatura media y humedad relativa en cada ciclo de cultivo.**

	Temp. mín (°C)	Temp. máx.(°C)	H.R (%)
Primer cultivo (17/03 – 03/05)	14.4	22.1	80.1
Segundo cultivo(07/06 – 1/08)	7	13.9	89.5

Fuente: Estación Agrometeorológica Sayago (Cátedra de Agrometeorología)

La evolución de la enfermedad en el tiempo presenta un patrón similar a la observada en el primer cultivo, aunque la magnitud es menor ( Figura N° 11). Además existió en este caso una menor diferencia entre el testigo y las parcelas solarizadas.

**Figura N° 11: Evolución del número total de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en el segundo cultivo.**



A partir de la segunda fecha (19/07/00), el incremento de infección en el tiempo fue de menor magnitud que el observado en el primer cultivo (incluso en los testigos), explicado por las condiciones ambientales menos favorables para el patógeno. Esta tendencia se resalta aún más en las parcelas solarizadas, posiblemente por tener un menor número de esclerotos viables, al igual que un menor grado de enmalezamiento.

Los resultados estadísticos (Cuadro N° 26) muestran discrepancias entre ambos cultivos en lo que respecta a la eficiencia de la técnica principalmente en el comportamiento del tratamiento de 30 días de duración.

**Cuadro N° 26: Número promedio de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en el segundo cultivo (07/06 – 11/08).**

TRATAMIENTO	N° promedio de plantas afectadas*		
		p<0.05	p<0.1
Testigo	5.23	a	a
30 días solarización	4.50	ab	b
20 días solarización	3.75	b	c
30 días + abono de pollo	1.62	c	d

\* Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente con  $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.1$  (C.V= 4.8%)

Se debe disminuir la confianza a 90% para que todos los tratamientos se diferencien significativamente del testigo. Tal es el caso del tratamiento 30 días de solarización, el cual fue para el primer cultivo uno de los que registró los resultados más promisorios. Considerando la misma confianza, también se diferencian significativamente el tratamiento de 30 días y el de 20 días de solarización. Los registros están en desacuerdo con Montealegre *et al.* (1996), Katan (1991), Gamliel y Stapleton (1993); Stapleton *et al.* (1984) citado por DeVay (1990), Triolo *et al.* (1988), Porter y Merriman (1985), que indican mayor efectividad en aquellos tratamientos con mayor duración (comparando los tratamientos solarizados sin incorporación de abono).

Además, los tratamientos con igual duración que diferían únicamente en el agregado de abono, presentan diferencias significativas con una confianza del 99%, lo que no se verificó para el cultivo anterior; coincidiendo con lo reportado por Gamliel y Stapleton (1993) en cuanto a la mayor efectividad de la incorporación de abono.

A pesar de las modificaciones evidenciadas en el comportamiento de alguno de los tratamientos, se mantiene el efecto de la solarización sobre el control del tumbado. Sin embargo, si se comparan los datos obtenidos con los correspondientes al primer cultivo, queda de manifiesto un menor efecto residual (Figuras N° 10 y 11 y Cuadros N° 24 y 28). En el cuadro N° 27 se presentan la cantidad de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* y la reducción observada en las parcelas tratadas. Lo recién mencionado está en desacuerdo con Katan (1991), quien señala que para varias regiones y cultivos comerciales el control de enfermedades se mantiene durante 2-3 ciclos sucesivos ya que se evidenció un notorio descenso en el efecto de alguno de los tratamientos evaluados.

**Cuadro N° 27: Reducción (%) de la incidencia de tumbado en el segundo cultivo.**

TRATAMIENTO	Número total acumulado de plantas afectadas	Reducción (%)
Testigo	13	---
20 días solarización	8	38
30 días solarización	9	31
30 días + abono	3	77

El número total de plantas afectadas en los testigos se redujo 50 % con respecto al primer cultivo y a pesar de esto, la efectividad de los dos primeros tratamientos señalados disminuyó en igual magnitud. La excepción a esto, es el tratamiento de 30 días con abono de pollo, el cual mantuvo su efectividad a lo largo de todo el período, mientras en los restantes tratamientos descendió notablemente la eficiencia. Sin embargo dicha efectividad fue sensiblemente menor (20%) a los registros que citan Materazzi *et al.* (1987), tomando en cuenta los resultados de segundos ciclos de cultivo.

#### 4.4.2.2.- Discusión

Considerando conjuntamente los dos cultivos, los resultados son alentadores, lográndose diferencias significativas (con una probabilidad  $\leq 0,1$ ) en la incidencia de tumbado entre las parcelas solarizadas y las testigos, coincidiendo con lo señalado por Montealegre *et al.* (1996); Katan (1987); Stapleton *et al.* (1984) citado por DeVay (1990); Triolo *et al.* (1988); Porter y Merriman (1985); Materazzi *et al.* (1987) y Gepp *et al.* (1999).

Se obtuvieron algunos resultados erráticos, como lo sucedido con el tratamiento de 30 días de solarización, el cual para el primer cultivo presentó los registros más bajos de incidencia, pero en el segundo, disminuyó su efectividad, tornándose en el menos eficiente, aún con mayor infección que la presentada en el tratamiento de menor duración. Las causas de lo expresado podrían radicar en la falta de experiencia en cuanto al tiempo de solarización necesario para obtener mejores resultados durante más de un ciclo de cultivo. Otra posible explicación, radicó en el hecho de que la solarización abarcó todos los canteros del invernáculo, pero se dejaron sin tratar los caminos, siendo éstos una fuente de inóculo para el cultivo, por medio de la liberación de ascosporas y/o de la germinación de esclerotos.

Por último, cabe mencionar que se llevaron a cabo algunos manejos durante la solarización, que deberían ser ajustados para potenciar los efectos de la técnica, como:

- El humedecimiento del suelo debe realizarse con suficiente antelación para lograr un buen nivel de humedad y garantizar la transmisión de calor en profundidad.

- Con respecto a esto último, también es importante lograr un buen afinamiento del suelo, el cual en este experimento se notó como deficiente por tener muchos terrones de gran tamaño en superficie (Foto N° 1)

- A pesar de ser superficial (5 cm), el laboreo previo a cada cultivo no es recomendado por diversos autores.

- No dejar transcurrir tanto tiempo entre la aplicación del tratamiento y la plantación del cultivo, porque esa tierra queda muy expuesta a la recolonización.

A pesar de haber cometido errores en algunos manejos tendientes a potencializar los efectos de la solarización, los resultados obtenidos han sido positivos. Esto queda de manifiesto en el cuadro N° 28, donde se presenta la reducción porcentual por tratamiento, considerando los dos ciclos de lechuga evaluados.

**Cuadro N° 28: Reducción de las plantas afectadas por tumbado en los dos cultivos.**

TRATAMIENTO	% reducción de plantas infectadas *		
	Primer cultivo (17/03 – 03/05)	Segundo cultivo (07/06 – 11/08)	Total
Testigo	---	---	---
20 días solarización	57	38	<b>52</b>
30 días solarización	89	31	<b>74</b>
30 días + abono de pollo	84	77	<b>82</b>

\* plantas afectadas/plantas instaladas X 100

Tomando en cuenta la información presentada por Montealegre *et al.* (1996) y Katan (1991), Triolo *et al.* (1988); Porter y Merriman (1985); Materazzi *et al.* (1987) y Gepp *et al.* (1999) se confirma en este experimento la reducción de la infección de tumbado en las parcelas solarizadas, considerando dos ciclos sucesivos de cultivo. A pesar de esto, son notorias las diferencias entre las duraciones evaluadas (Cuadro N° 28), por lo cual sería más auspicioso realizar los tratamientos de mayor tiempo de exposición. A su vez, para las condiciones de campo la apreciación anterior es ratificada por los datos presentados por Gepp *et al.* (1999).

Basados en esto último y confirmado por Montealegre *et al.* (1996) y Katan (1991), es que son más recomendables los tratamientos de mayor duración y además es favorable el agregado de abono de pollo fresco (Gamliel y Stapleton, 1993), para mantener por más tiempo la eficiencia en umbrales mayores de control (Cuadro N° 28). Esto se debe a la pérdida de residualidad observada en el segundo cultivo, siendo éste el factor limitante para los tratamientos solarizados sin agregado de abono de pollo evaluados en este trabajo.

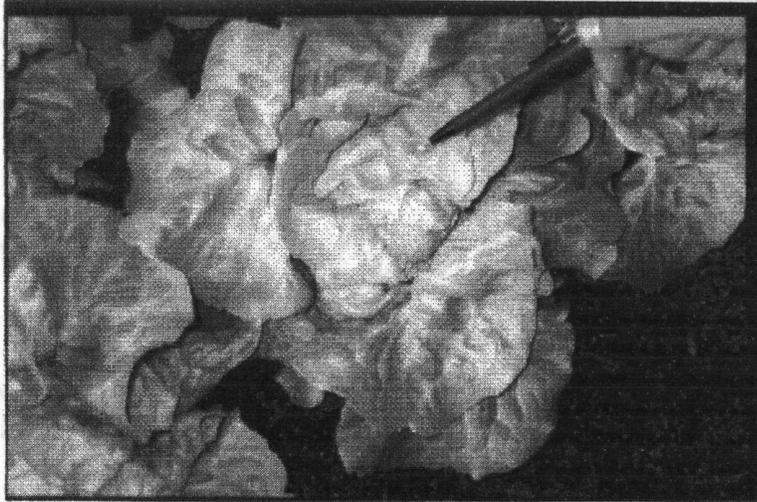
#### **4.5.- EVALUACIÓN DE COSECHA**

##### **4.5.1.- Primer cultivo**

Antes del comienzo de la cosecha se realizó una estimación de la misma. Se constataron grandes diferencias en la precocidad de los tratamientos, en los distintos bloques del experimento. Dicho efecto se evidenció entre los grupos de bloques cercanos, es decir, los bloques I y II presentaron resultados homogéneos, pero muy dispares con las observaciones de los bloques III y IV, los cuales a su vez tuvieron un comportamiento irregular entre sí. Las causas de estas diferencias podrían radicar en las propiedades del suelo, que provocaron evidentes situaciones extremas en lo que respecta a las condiciones hídricas en uno y otro grupo. Relacionado a estos desbalances hídricos se planteó la posibilidad de la existencia de emisores obturados en las cintas de riego, lo que estaría afectando no solo la cantidad de agua/planta, sino también, la nutrición mineral vía fertirriego. Otra hipótesis manejada es la historia de cada cantero en particular, en cuanto a cultivos y manejos anteriores, lo que pudo haber afectado las propiedades físicas y químicas del suelo.

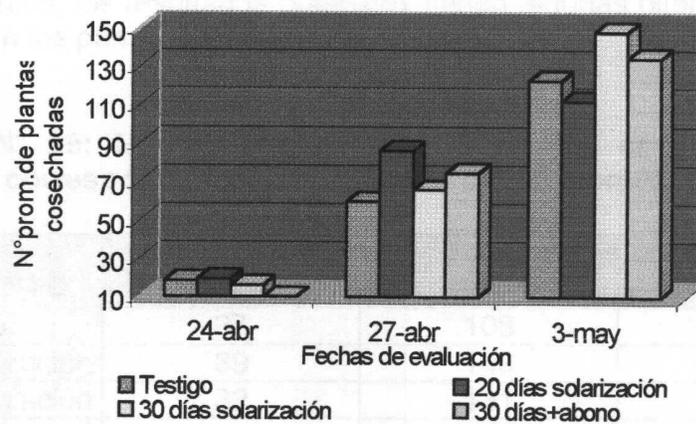
La estimación de cosecha fue realizada el 13 de abril, siendo el tratamiento de 20 días de solarización el más precoz (con 48 plantas) seguido por el de 30 días y el testigo, con 31 y 27 plantas aptas para cosecha respectivamente. Esto presentó a su vez, concordancia con las observaciones realizadas posteriormente en las sucesivas visitas al predio (Figura N° 12), en donde se aprecia la desuniformidad mencionada, lo que está en desacuerdo con Gepp *et al.* (1999). El estado de desarrollo de las plantas al momento de comenzar la cosecha se visualiza en la Foto N° 6.

**Foto N° 6: Estado de desarrollo del cultivo cuando se comenzó a cosechar.**



La variable precocidad fue evaluada en dos fechas (a partir del momento en que se contaba con plantas para cosechar), pero se pone especial énfasis en las mediciones acumuladas hasta el 27 de abril (primer cultivo) y 28 de julio (segundo cultivo) por ser aquí donde se alcanzaron los mayores volúmenes antes de la cosecha final de cada cultivo.

**Figura N° 12: Promedio acumulado de plantas cosechadas en el primer cultivo.**



Debido a la gran heterogeneidad dentro de bloques no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, pudiéndose únicamente marcar ciertas tendencias. En la variable precocidad, se destaca el tratamiento de 20 días de solarización, presentando los restantes un comportamiento similar entre sí. Este tratamiento se mantiene en el tiempo ya que había sido evaluado como el más precoz en la estimación realizada el día 13 de abril.

En cuanto al rendimiento, el número total de plantas cosechadas fue mayor en las parcelas con mayor tiempo de exposición. Esto último permite reafirmar la generalización encontrada en la bibliografía, que indica incrementos de rendimiento en las parcelas solarizadas. Katan (1991), reporta incrementos en rendimientos de varios cultivos luego de la solarización del terreno. Triolo *et al.* (1983) obtuvieron incrementos en  $\text{kg/m}^2$  del orden del 50 % con respecto a las parcelas no solarizadas, en dos años consecutivos de lechuga. Resultados similares obtuvieron Gamliel y Stapleton (1993) y Materazzi *et al.* (1987), al igual que Cartia (1996).

Por otra parte, el tratamiento de 30 días más abono es el que presentó mayores diferencias entre una fecha y otra, ya que en la primera evaluación fue el de menor precocidad, posiblemente debido a un efecto fitotóxico del abono de pollo. En cambio, el 27 de abril el mismo tratamiento mostró resultados elevados en esta variable.

Es importante señalar que al considerar únicamente los 2 primeros bloques que presentaban registros similares y con un comportamiento regular de los tratamientos, los resultados obtenidos tienen algunas diferencias con los mencionados en los párrafos anteriores (Cuadro N° 29).

**Cuadro N° 29: Número acumulado de plantas cosechadas en el primer cultivo correspondientes al promedio de los bloques I y II.**

TRATAMIENTO	Número acumulado de plantas cosechadas		
	24/04	27/04	3/05*
Testigo	37	108	146
20 días solarización	39	143	155
30 días solarización	32	131	148
30 días + abono	1	129	147

\* Cosecha final del cultivo.

Se mantiene la tendencia observada en la precocidad, siendo el tratamiento de 20 días de solarización el que presentó un mayor número de plantas cosechadas al día 27/04. Las mayores diferencias se presentan en la última fecha, donde el número de plantas cosechadas aumentó como generalidad en todas las parcelas. El tratamiento de 20 días es el que presenta el mayor rendimiento, siendo anteriormente el que contaba con el menor número de plantas cosechadas. Además, los tratamientos de mayor tiempo de exposición son iguales al testigo, estando en desacuerdo con la bibliografía mencionada anteriormente.

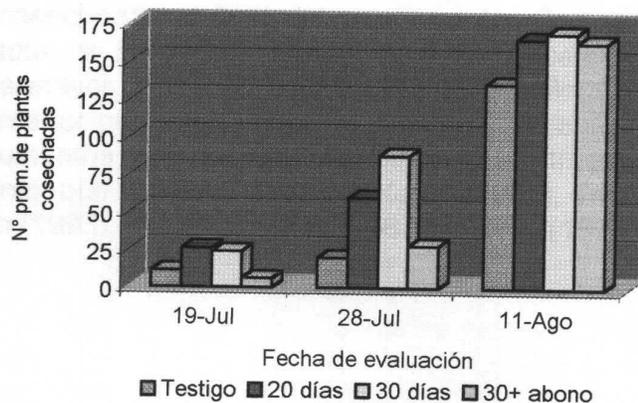
El análisis de estos dos bloques se realizó para observar la variabilidad evidenciada, pero los resultados y discusión están basados en los 4 bloques del experimento.

#### **4.5.2.- Segundo cultivo**

En este caso, los tratamientos mostraron un patrón definido dentro de los bloques del experimento, sin presentar los cambios evidenciados en el cultivo anterior. Esto posiblemente es explicado por considerar únicamente los bloques III y IV, disminuyendo así la gran variabilidad que existió dentro de los bloques.

En la Figura N° 13 se presenta el total de plantas acumulado en las sucesivas fechas, observándose un mayor número en los tratamientos solarizados.

**Figura N° 13: Promedio acumulado de plantas cosechadas en el segundo cultivo.**



A lo largo de las sucesivas fechas se mantiene la tendencia de mayor precocidad para los tratamientos de 20 y 30 días. El primero, mantiene su comportamiento en el tiempo ya que tendió a ser el más precoz en el cultivo anterior.

En el análisis estadístico de los bloques III y IV se presentaron diferencias significativas a favor de las parcelas solarizadas (Cuadro N° 30). Se observan algunas diferencias en los valores de cosecha con respecto a la figura anterior, explicados por la transformación que se hizo de la variable para realizar dicho análisis.

**Cuadro N° 30: Número acumulado de plantas cosechadas en el segundo cultivo.**

TRATAMIENTO	Número acumulado de plantas cosechadas		
	19/07	28/07	11/08*
Testigo	7	12 c	134
20 días solarización	16	57 ab	167
30 días solarización	17	77 a	169
30 días + abono	5	28 bc	166

Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente con  $p \leq 0.05$

\*Cosecha final del cultivo.

C.V= 3.5%

Los tratamientos más precoces fueron los solarizados sin incorporación de abono de pollo. El tratamiento de 30 días con agregado de abono no se diferenció estadísticamente del testigo, pero sí mostró un mayor número de plantas cosechadas al final del experimento. Con respecto a esto último, el número total de plantas cosechadas en las parcelas solarizadas fue en todos los casos mayor al testigo, incluso en el tratamiento de 20 días, que para el cultivo anterior había presentado un comportamiento contrario (Figura N° 12). Estos aumentos en número de plantas se traducen en incrementos de rendimiento, que fueron citados por Katan (1991), Triolo *et al.* (1983), Gamliel y Stapleton (1993), Materazzi *et al.* (1987) y Cartia (1996).

### 4.5.3.- Discusión

Para los dos cultivos, las parcelas solarizadas sin agregado de abono presentaron los mayores valores en precocidad, e incluso siendo estas diferencias significativas para el caso del segundo cultivo. Lo anterior es corroborado por las tendencias obtenidas al promediar los datos de ambos cultivos para la fecha inmediatamente anterior a la cosecha final (Cuadro N°31).

**Cuadro N° 31: Promedio de plantas cosechadas en ambos cultivos en la penúltima fecha.**

TRATAMIENTO	Promedio de plantas cosechadas
Testigo	64
20 días de solarización	101
30 días de solarización	109
30 días + abono de pollo	78

Los tratamientos de 20 y 30 días de solarización registraron valores similares entre sí, presentando las mayores diferencias frente al testigo. Por otra parte, y coincidiendo con Katan (1991) para la mayoría de las repeticiones se constató que las parcelas solarizadas contaban con un mayor número de plantas en el momento de la cosecha final, determinando así aumentos de rendimiento de los cultivos.

El tratamiento más eficiente en el control de *Sclerotinia sclerotiorum* fue el de 30 días con agregado de abono de pollo, el cual a su vez fue el menos precoz. Para el caso del primer cultivo, este resultado puede ser atribuido a la incorporación de abono de pollo fresco al momento de la solarización, el cual retrasa el ciclo, posiblemente por tener efecto fitotóxico (McCarter et al., 1978, citado por Montealegre et al., 1996). Al mismo tiempo, esta menor precocidad es notoria en la primera fecha, donde los valores eran muy bajos e incluso menores al testigo (Figura N° 12 y Cuadro N° 29). Esto era esperable porque está influyendo el menor tiempo desde la aplicación del tratamiento y además una mayor susceptibilidad de las plantas jóvenes que se encuentran bajo el estrés del trasplante. En la segunda fecha se revirtió esta situación, registrando hasta cosecha valores superiores al testigo y semejantes al tratamiento de 30 días de solarización. Para el caso del segundo cultivo, la menor precocidad

observada en la primera fecha no es atribuible al efecto fitotóxico, debido al extenso período de tiempo transcurrido.

Otra alternativa para explicar la menor precocidad del tratamiento con incorporación de abono esta basada en el mayor aporte de nitrógeno (600 kg de N/há contra 86 kg en los demás tratamientos), extendiendo el ciclo del cultivo (com. pers. Ing. Agr. Omar Casanova). Esto deja planteada la interrogante de esta situación, debiéndose realizar más experimentos para esclarecer ésta variables.

#### 4.6.- COMPARACIÓN ENTRE TÉCNICAS ALTERNATIVAS

Como última apreciación, se presenta un análisis económico comparativo entre la técnica en estudio y la alternativa tradicional consistente en la desinfección química con Bromuro de metilo. Los cálculos se realizaron tomando en cuenta una superficie de 1000 m<sup>2</sup> (superficie efectiva de 672 m<sup>2</sup>), simulando la situación relevada. El costo de los insumos empleados en cada alternativa surge a partir de los precios que rigen en el mercado al 15/03/01, siendo el tipo de cambio 1 U\$\$= 12.50 \$U.

##### ■ Desinfección química del suelo:

↙	Aplicación de Bromuro de metilo, a una dosis de
0.5-0.6 kg cada 10 m <sup>2</sup>	
Costo /unidad = 4.9 U\$\$ cada garrafa	
(peso de 0.454 kg)	
Costo de la desinfección = 415 U\$\$	
↙	672 m <sup>2</sup> de nylon de 80 micrones = 448U\$\$
↙	<b>TOTAL = 863 U\$\$.</b>

■ **Solarización del terreno:**

1.- Solarización  
 ↙  
**448U\$\$**  
 ↘  
 672 m<sup>2</sup> de nylon transp de 80 micrones =  
**TOTAL = 448 U\$\$.**

2.- Solarización + agregado de abono.  
 ↙  
**448U\$\$**  
 ↘  
 672 m<sup>2</sup> de nylon transp. de 80 micrones =  
 abono de pollo en 672 m<sup>2</sup> = 13 m<sup>3</sup> = 106 U\$\$  
**TOTAL = 554 U\$\$.**

Los totales presentados para ambas alternativas suponen un período de amortización en dos ciclos de cultivo. Es importante señalar que el costo del nylon utilizado se amortiza en dos años, reduciéndose a la mitad el costo anual de la desinfección con calor y en una cuarta parte el gasto en la esterilización química. Para la alternativa que considera la aplicación de solarización con agregado de abono de pollo, la reducción en los costos es menor ya que el abono se debe aplicar todos los años.

En cuanto a los efectos de la solarización sobre el rendimiento, tanto en calidad como en cantidad, Montealegre *et al.* (1996), señalan, para el cultivo de tomate, mayor producción total y en las diferentes categorías, si se compara con Bromuro de metilo. Sin embargo, otra alternativa sería que ambas técnicas no fuesen excluyentes, sino poder combinarlas para obtener resultados satisfactorios tanto económicos como ambientales. Ejemplo de lo anterior es la reducción en las dosis de herbicidas (Nakayama *et al.*, citado por Katan, 1991; Cabello y Verdú, 1995), fungicidas y desinfectantes de suelo (Frank *et al.* y Ben-Yephet, citados por Katan, 1991 y Cassanello y Nuñez, 1999).

## **5.- CONCLUSIONES**

Basados en los resultados de la presente investigación se puede concluir que:

↪ La solarización es una técnica alternativa, factible de realizar en la zona Sur del país.

↪ Mediante la misma se logró un excelente control de las malezas presentes en las parcelas experimentales, siendo éstas principalmente de ciclo anual invernal.

↪ Con respecto al control efectuado sobre el tumbado (*Sclerotinia sclerotiorum*), se destaca su eficiencia, reduciendo significativamente el número de plantas afectadas.

↪ Los tratamientos de mayor duración (30 días) presentaron ventajas en cuanto al control del patógeno.

↪ En cuanto a la variable precocidad se obtuvieron resultados dispares entre los dos ciclos de cultivo, pero se verificó una tendencia a favor de las parcelas solarizadas sin agregado de abono de pollo.

↪ Con relación al rendimiento, se constató un mayor número de plantas cosechadas en los tratamientos solarizados de mayor tiempo de exposición.

↪ Es necesario continuar con estos experimentos en la zona Sur del país, de modo de optimizar el balance entre la duración del tratamiento (garantizando la efectividad de la técnica) y la menor actividad que significa tener la tierra ocupada.

## **6.- RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue profundizar en el estudio de la solarización, en las condiciones de producción del sur del país, abordando: 1- el efecto en el control de semillas de malezas anuales; 2- la eficiencia en el control del tumbado y 3- sus posibles efectos sobre la precocidad en dos ciclos sucesivos de lechuga posteriores al tratamiento del suelo.

El experimento fue instalado en la localidad de Punta Espinillo, Departamento de Montevideo. Geográficamente se encuentra a nivel del mar, correspondiente a 34° de latitud Sur, 57° de longitud Oeste y con precipitaciones promedio que oscilan entre 1000-1100 mm anuales, distribuidos regularmente a lo largo del año.

La solarización se realizó durante los meses de mayor radiación (enero y febrero), extendiéndose 20 a 30 días dependiendo del tratamiento. Las evaluaciones de tumbado, incidencia de malezas, precocidad y rendimiento fueron realizadas sobre dos cultivos sucesivos de lechuga (variedad Dolly) bajo invernáculo desde el 17 de marzo hasta el 11 de agosto.

El diseño experimental utilizado consistió en 4 bloques completos al azar, con 4 tratamientos cada uno: Testigo, 20 días de solarización, 30 días de solarización y 30 días de solarización con agregado de abono de pollo.

Los resultados obtenidos determinaron un efectivo control de malezas por parte de la solarización, durante los dos ciclos evaluados. Para el caso del tumbado los tratamientos fueron diferentes significativamente al testigo, destacándose los de mayor tiempo de exposición, con un porcentaje de reducción de 82% (30 días más abono) y 74% (30 días de duración) de las plantas afectadas, para todo el período considerado. La precocidad de cultivo presentó una tendencia favorable hacia las parcelas solarizadas sin agregado de abono, presentando diferencias significativas para el caso del segundo cultivo, mientras que el rendimiento fue superior en los tratamientos solarizados de mayor tiempo de exposición.

## **7.- SUMMARY**

The objective of this assignment was to make carry out a study of soil solarization, under the productive conditions of the southern part of the country, evaluating: 1- the effect on the control of seeds of annual weeds; 2-the efficiency in the control of lettuce drop and 3- its possible effects on the earliness in two consecutive cycles of lettuce after treating the soil,

The experiment was carried out in Punta Espinillo, Department of Montevideo. Geographically it lies at sea level, corresponding to 34 °south latitude, 57° west longitude and with an average rainfall between 1000-1100 annual millimetres, irregularly distributed throughout the year.

The soil solarization was carried out in the months of greatest radiation (January and February) going from 20 to 30 days depending on the treatment. The appraisals of lettuce drop, incidence of weeds, earliness and yielding were carried out on two consecutive lettuce crops (Dolly) in greenhouse from March 17<sup>th</sup> to August 11<sup>th</sup>.

The experimental design used consisted in 4 blocks completely randomized, with 4 treatments each: Control, 20 days of soil solarization, 30 days of solarization and 30 days of solarization plus chicken manure.

The results obtained showed an effective control of weeds with soil solarization, in the two cycles assessed. With reference to the lettuce drop the treatments were significantly different from the control, specially those with the longest period of exposure, with a percentage of reduction of 82% (30 days plus manure) and 74 % (30 days of exposure) of diseased plants, for the whole period under consideration. With reference to the earliness of the crop, this presented a favourable tendency in the solarized plots without manure, showing significant differences in the case of the second crop, meanwhile yield was superior in the solarization treatments of longer exposure.

## **8.- BIBLIOGRAFIA**

1. ABALLAY, E., JARDELA, A. y MONTEALEGRE, J. 1996. Efectos de la solarización y bromuro de metilo sobre *Verticillium dahliae* Kleb. y nemátodos fitoparásitos asociados a monocultivo de frutilla. *Fitopatología* 31 (3): 230-240.
2. ABU-IRMAILEH, B. 1991. Weed control in squash and tomato fields by soil solarization in the Jordan Valley. *Weed Research*. 31: 125-133
3. AZPILICUETA, C., MAERO, E., REYBET, C., BUCKI, P., RODRIGUEZ, G., CHAVES, E., ESCANDE, A. 2000. Efecto de la solarización sobre una población del nemátodo del nudo, *Meloidogyne incognita*. Evaluación del rendimiento de lechuga en suelo solarizado en invernadero. In Congreso Argentino de Horticultura, (23<sup>a</sup>, 2000, Mendoza).
4. BERLIN, N. 1998. *Biology of Sclerotinia*. North Dakota State University,  
Department of plant pathology.
5. BUSTAMANTE, A.; SUAREZ, A.; REYBET, G.; BUCKI, P.; ESCANDE, A.; RODRIGUEZ, G. 1998. Efecto de la solarización de suelo sobre malezas y rendimiento en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Cinco Saltos, Río Negro, Argentina. UNComahue. Facultad de Ciencias Agrarias. 5 p.
6. ———.; SUAREZ, A.; REYBET, G.; BUCKI, P.; DELAVAUT, M.; STICKAR, W.; ESCANDE, A. 2000. Efecto de la solarización en el control de malezas y rendimiento de tomate a campo en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Cinco Saltos, Río Negro, Argentina. UNComahue. Facultad de Ciencias Agrarias. 8 p.

7. CABELLO, S., VERDU, AMC. 1995. Uso integrado de la solarización y de la pendimetalina en el control de malas hierbas en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en el Valles Oriental (Barcelona). Proceeding of the congress of the Spanish Weed Science Society, Huesca, Spain, 14-16 november 1995. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.

8. CAMPIGLIA, E., TEMPERINI, O., MANCINELLI, R., MARUCCI, A., SACCARDO, F. 1998. La solarizzazione del suolo in ambiente Mediterraneo: effetto sul controllo delle erbe infestanti e sulla produzione della lattuga romana (*Lactuca sativa* L., var. longifolia Lam.). Italus Hortus 5 (3): 36-42. Tomado de: CAB Abstracts 1998/08-1999/10

9. CARTIA, G. 1996. Solarizzazione in pieno campo nella difesa di ortive da agenti ipogei. Contenimento di *Sclerotinia spp.* su lattuga ed effetto su erbe infestanti. Informatore Fitopatologico 46 (9): 33-37. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.

10. CASSANELLO, M. E.; GENTA, H.; FRANCO, J. 1987. Efecto de la solarización y productos químicos en el control de enfermedades de corona en frutilla. In Resúmenes del V Congreso ALF, X Congreso ASCOLFI y XXIX Reunión Anual APS-DC-CIAT; Cali, Colombia. 10-14/07/89.

11. ———— ; NUÑEZ, C. A. 1999. Solarización: auspiciosa tecnología para el control sustentable de plagas y enfermedades del suelo en invernáculos. Validación de nuevas tecnologías: resultados de trabajos de PREDEG y PROVA con productores. PREDEG, reconversión y desarrollo de la granja. 2 (9): 13-14.

12. DE SOUZA, N. 1994. Solarizacao do solo. Summa Phytopathologica 20 (1): 3-15

13. DE VAY, J. 1990. Historical review and principles of soil solarization. Soil solarization. Roma, FAO, pp 1-13 (FAO plant production and protection paper no. 109)

**14.ELMORE, C. L.** 1983. Use of solarization for weed control. University of California. Department of Botany, Davis.

**15.FIUME, F.** 1995. Influenza della solarizzazione del suolo su nematodi galligeni e resa ed anticipo produttivi di lattuga in serra. *Nematologia Mediterranea* 23: (supplement), 135-142. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.

**16.FUENTES, P., ABALLAY, E., MONTEALEGRE, J.** 1997. Solarización y fumigación para el control de nematodos en un suelo con monocultivo de tomates. *Fitopatología* 32 (1): 32-42.

**17.GAMLIEL, A., STAPLETON, JJ.** 1997. Improvement of soil solarization with volatile compounds generated from organic amendments. *Phytoparasitica* 25: supplement, 31S-38S. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.

**18.GAMLIEL, A., STAPLETON, JJ.** 1993. Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms and lettuce growth., University of California. 6 p. Pest management Project.

**19.GARIBALDI, A., TAMIETTI, G.** 1989. Solar heating: recent results obtained in northern Italy. *Acta horticulturae* 255: 125-129.

**20.GEPP, V., SILVERA, E., RODRIGUEZ, J., GOMEZ, A.** 1999. La solarización para el control de *Sclerotinia*. III Congreso de Agricultura Orgánica del Uruguay y II Encuentro de Producción Orgánica del Mercosur. Montevideo, 2-4 Diciembre de 1999. (Ponencias en prensa)

**21.GOMEZ, L., GUERRA, D., JARAMILLO, N., BERNAL, E.** 1996. Uso de la solarización como tratamiento de desinfección de suelo para semilleros de frutales y hortalizas en clima frío moderado. *Actualidades Corpoica* 10 (107): 3-9. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.

**22.**JARVIS, W. R. 1998. Control de enfermedades en cultivos en invernadero. Trad. Mateo Box, J. M., Madrid. p. 127-131. Mundi- prensa.

**23.**KATAN, J.; DE VAY, J. 1991. Soil solarization. Boca Ratón: CRC. 267 p.

**24.**———. 1987. Soil solarization. In: Chet, I. ed. Innovative approaches to plant disease control. New York, p. 77-106. Wiley-Interscience.

**25.**LOPEZ ELIAS, J., JIMENEZ LEON, J. 1995. Solarización del suelo y su influencia en la presencia de malezas en el cultivo de melón. Horticultura Mexicana 3 (3): 207-210.

**26.**MAROTO BORREGO, J., GOMEZ, M., SORIA, B. 2000. La lechuga y la escarola. 1ª coedición. Valencia, Mundi-prensa. 242 p.

**27.**MINUTO, A., MIGHELI, Q., GARIBALDI, A. 1995. Integrated control of soil borne plant pathogens by solar heating and antagonistic microorganisms. Acta horticulturae 382: 138-144.

**28.**MONTEALEGRE, J., DE FILIPPI, B., HENRIQUEZ, J. L. 1997. Uso de la solarización y de bromuro de metilo en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* en un suelo con monocultivo de frutilla. Fitopatología 32 (1): 32-42.

**29.**MONTEALEGRE, J., FUENTES, P., HENRIQUEZ, J. 1996. Efecto de la solarización y fumigación en el control de *Pyrenochaeta lycopersici* y su relación con el rendimiento y calidad en un cultivo de tomates. Fitopatología 31 (3): 217-229

**30.**MONTEALEGRE, J., ROSA, M., VERNERO, M., ABALLAY, E. 1996. Efectos de la solarización sobre el control de *Sclerotium rolfsii* y nematodos en la Región Metropolitana de Chile. Fitopatología 31 (1): 70-83.

**31.**PORTER, I.; MERRIMAN, P. 1985. Evaluation of soil solarization for control of root diseases of row crops in Victoria, Australia. *Plant Pathology* 34: 108-118.

**32.**REZENDE PEREIRA, J. C., MARTINS CHAVES, G., ZAMBOLIN, L., MATSUOKA, K., SILVA ACUÑA, R., XAVIER RIBEIRO DO VALE, F. 1996. Controle integrado de *Sclerotinia sclerotiorum*. *Fitopatologia brasileira* 21 (2): 254-260.

**33.**SEPULVEDA, G., MONTEALEGRE, J., DIAZ, C., DIAZ, R., SACKENHEIM, R. 1996. Efecto de la solarización en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en el Valle de Azapa, Chile. *Fitopatologia* 31 (2): 114-121.

**34.**STAPLETON, J.; DE VAY, J. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. *Phytopathology* 74 (3): 255-259.

**35.**STEVENS, C.; KHAN, V.; OKORONKWO, T.; TANG, A.; WILSON, M.; LU, J. 1990. Soil solarization and Dacthal: influence on weed, growth and root microflora of collards. *Hortscience* 25 (10): 1260-1262.

**36.**TRIOLO, E., VANNACCI, G., MATERAZZI, A. 1988. La solarizzazione del terreno in orticoltura. Alcune indagini sui possibili meccanismi d'azione. *Edagricole. Roma. Colture protette*, 17 (7): 59-63.

**37.**UNIVERSITY OF CALIFORNIA. UC IPM PEST MANAGEMENT GUIDELINES. Revised: june 17, 1999. Lettuce drop. <http://www.msstate.edu/Entomology/plantpath/vegies/lettuce.html>.

**38.**URUGUAY. MGAP. 1990. Censo agropecuario, 1990.

**39.**URUGUAY. MGAP. JUNTA NACIONAL DE LA GRANJA. Estadísticas del sector granjero. <http://www.mgap.gub.uy/junagra>.

**40.**VANNACCI, G.; TRIOLO, E.; MATERAZZI, A. 1988. Survival of *Sclerotinia minor* Jagger in solarized soil. Plant and soil 109: 49-55.