

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.)
AL EMPLEO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS**

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

FRANCISCO JAVIER ZAVALA MENDÍVIL

2000

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.)
AL EMPLEO DE PELICULAS PLASTICAS**

SOMETIDA A LA CONSIDERACION DEL
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SONORA

POR

FRANCISCO JAVIER ZAVALA MENDIVIL

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA

Esta tesis se realizó bajo la dirección del Consejo

Particular y aceptada como requisito para

la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN

HORTICULTURA

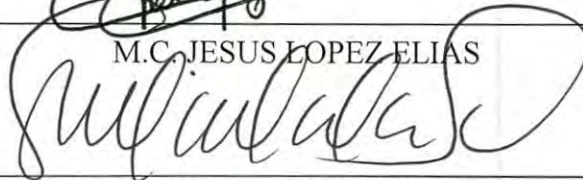
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:



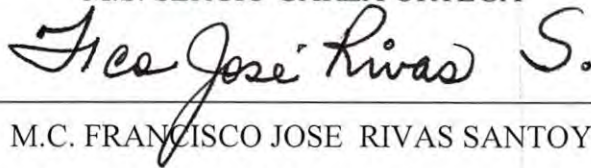
M.C. JESUS LOPEZ ELIAS

ASESOR:



M.S. SERGIO GARZA ORTEGA

ASESOR:



M.C. FRANCISCO JOSE RIVAS SANTOYO

Hermosillo, Sonora, Noviembre del 2000

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a todas aquellas personas que siempre han confiado en mi y que con su apoyo incondicional han hecho posible su culminación, en forma especial:

- A mi Padre: Salvador Zavala Félix, que aunque ya no está con nosotros fue el mayor ejemplo de tenacidad, esfuerzo y rectitud.
- A mi Madre: María del Rosario, quien con su gran esfuerzo pudo sacarnos adelante.
- A mis hermanos: Salvador, Juan, Martha, Gloria, Leticia, Nelly, Magy, Ana, Rosario y Lorena
- A mi Maestro: Víctor Manuel Búrquez Cano, quien en toda situación y momento me brindó su apoyo.
- A mis Asesores: Jesús López Elías
Sergio Garza Ortega
Francisco Rivas Santoyo
- A mis Amigos:

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas sus bendiciones y todo lo que me ha dado hasta hoy.

A todos los maestros del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo en mis estudios de posgrado.

Al maestro Jesús López Elías, por su importante labor en la dirección, revisión y análisis al presente trabajo. Por su valioso apoyo, gracias.

Al maestro Víctor Manuel Búrquez, por su apoyo moral y su amistad.

A mis amigos, en especial, a Jesús Guzmán e Isaac Duarte.

Al Ingeniero Miguel A. Corrales Carrillo, porque ha sido un pilar importante en mi vida profesional.

A todos los que han hecho posible el término de mis estudios de posgrado.

CONTENIDO

	Pág.
CARTA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
OBJETIVOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	4
Generalidades del cultivo	4
Absorción de luz por las plantas	5
Historia sobre el uso del plástico en la agricultura	8
Solarización	8
Acolchado plástico	11
MATERIALES Y METODOS	15
Sitio experimental	15
Solarización	15
Muestreo de suelo	16
Muestreo de malezas	16
Tratamientos	17
Diseño del experimento	18
Fertilización	18
Siembra	18
Variables físicas medidas	19
Registro de temperatura del suelo	19
Registro de temperatura del aire	19
Registro de precipitación	19
Variables biológicas medidas	20
Análisis de <i>Fusarium</i>	20
Análisis de <i>Macrophomina</i>	21
Análisis de Nemátodos	22
Manejo agronómico	23
Cosecha	24
Análisis estadístico	25
RESULTADOS Y DISCUSION	26
Temperatura del suelo	26
Propágulos de <i>Fusarium</i>	27
Propágulos de <i>Macrophomina</i>	29

	Pág.
Nemátodos	31
Malezas	33
Emergencia del cultivo	34
Peso del fruto	36
Frutos por planta	38
Rendimiento	40
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	45
APENDICE	49

INDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Comportamiento de los cultivos en acolchado de color ...	12
Cuadro 2.	La plasticultura en México de 1975-1995. Superficie cubierta en hectáreas	14
Cuadro 3.	Registro de temperaturas del suelo con solarización	27
Cuadro 4.	Registro de temperaturas (°C) a las 2:30 p.m., durante el periodo de solarización, a una profundidad de 2.5 cm, en suelo cubierto y descubierto (1995).	28
Cuadro 5.	Cuantificación de propágulos de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. dianthi antes y después de la solarización (técnica de Nash y Snyder, 1995)	29
Cuadro 6.	Cuantificación de propágulos de <i>Macrophomina</i> antes y después de la solarización (técnica de Mihail y Alcorn, 1995)	30
Cuadro 7.	Cantidad de nemátodos de las muestras tomadas antes de la solarización (1995).	32
Cuadro 8.	Cantidad de nemátodos de las muestras tomadas después de la solarización (1995).	32
Cuadro 9.	Relación de malezas (plantas/m ²), en suelo solarizado y no-solarizado (1995).	33
Cuadro 10.	Análisis de emergencia en pepino considerando el tratamiento de solarización (1995).	35
Cuadro 11.	Análisis de emergencia en pepino considerando la interacción de acolchado y solarización (1995).	35
Cuadro 12.	Comparación de las variables peso de fruto y número de frutos por planta en condiciones de suelo solarizado y no solarizado (1995).	37
Cuadro 13.	Comparación de las variables peso de fruto y número de frutos por planta en los tratamientos con plástico de color (1995).	37

	Pág
Cuadro 14. Comparación de las variables peso de fruto y número de frutos por planta bajo la interacción de los tratamientos considerados (1995).	38
Cuadro 15. Comparación de las variables rendimiento por planta, rendimiento total y número de cajas en condiciones de suelo solarizado y no-solarizado (1995).	41
Cuadro 16. Comparación de las variables rendimiento por planta, rendimiento total y número de cajas en los tratamientos con plásticos de color (1995).	41
Cuadro 17. Comparación de las variables rendimiento por planta y rendimiento total bajo la interacción de los tratamientos considerados (1995).	42
Cuadro 18. Comparación de la variable número de cajas por hectárea bajo la interacción de los tratamientos considerados (1995).	42

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Temperatura media diaria del aire (°C) registrada (1995).	50
Figura 2. Precipitación (mm) durante el desarrollo del experimento (1995).	51

OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

1. Evaluar el empleo de los plásticos agrícolas en las modalidades solarización del suelo y acolchado, en el cultivo de pepino.
2. Evaluar el efecto de la solarización sobre las malezas y los fitopatógenos en el suelo.
3. Evaluar el efecto del acolchado plástico sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, de Julio a Diciembre de 1995, en éste se analizó el efecto de la solarización del suelo y 6 colores de acolchado en pepino (*Cucumis sativus* L.), variedad Poinsett.

Se realizaron muestreos de la temperatura del suelo a 2.5 cm de profundidad tanto en el área solarizada como en la no solarizada con la finalidad de observar la diferencia entre ambos tratamientos; observándose bajo solarización un incremento de 13.7 °C.

En el caso de *Fusarium*, la solarización del suelo permitió una reducción del 71.2% en la población de propágulos; mientras que donde no se utilizó la técnica de solarización se tuvo un incremento del 105.6% en la población.

Para *Macrophomina* no se encontró una reducción en la población al implementar la técnica de solarización del suelo.

En cuanto a la respuesta en el control de nemátodos, la solarización del suelo permitió una reducción del 90.3% en la población de saprófitos, reduciendo además fuertemente la población de nematodos fitopatógenos.

En cuanto al peso de fruto, las plantas que mayor peso de fruto reportaron fueron aquellas sometidas a solarización y posteriormente acolchado plata, con un peso promedio de 343 g, seguido por el acolchado transparente con 322 g.

Según el análisis realizado en este trabajo, para la variable número de frutos por planta no existen diferencias significativas entre tratamientos, promediando 8 frutos por planta.

Con relación a la producción en cajas por hectárea no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, promediando un total de 2,997 cajas/ha.

Los resultados anteriores muestran la poca influencia que la solarización y el acolchado plástico tuvieron en la respuesta del cultivo de pepino. Mostrando sin embargo buenas expectativas el uso de la técnica de solarización para el control de patógenos y malezas en el suelo.

ABSTRACT

This study was carried out at the Field Station of the Department of Agriculture and Animal Science of the University of Sonora, from July to December, 1995. The effect of soil solarization and 6 colors of mulch on cucumber (*Cucumis sativus* L.), var. Poinsett was evaluated.

Soil temperature samples were recorded to a depth of 2.5 centimeters in both the solarized and non-solarized areas, in order to observe the difference between both treatments; having as a result an increase of 13.7°C under solarization.

Dealing with *Fusarium*, soil solarization allowed a reduction of 71.2% in propagule population; while the non-solarized area showed an increase of 105.6% in the population.

There was no decrease in the population of *Macrophomina* when using the soil solarization technique.

Referring to results in plant nematodes control, soil solarization allowed a decrease of 90.3% in the saprophytes population, reducing strongly the plant parasitic nematode population.

In regard to fruit weight, the plants that reported the highest fruit weight were those under solarization and then subjected to silver color mulch, with an average weight of 343 g, followed by transparent mulch with 322 g.

According to the analysis done in this study, for the variable number of fruits per plant there are no significant differences among treatments, averaging 8 fruits per plant.

Referring to the production of boxes per hectare, there were found no significant statistic differences among treatments, averaging a total of 2,997 boxes per hectare.

These results show the small influence that solarization and plastic mulch had in the response of cucumber culture. Nevertheless, in the control of pathogens and weeds the solarization technique shows good expectations.

INTRODUCCION

La evolución por si misma señala el camino. La agricultura es el futuro para el sustento del hombre. Los grandes intereses comerciales; los grandes intereses económicos y los intereses humanitarios, enmarcan en nuestros días la complejidad de la agricultura moderna.

Es evidente la importancia que las hortalizas han tenido en nuestro país en los últimos años. El gobierno federal cada vez destina mayores recursos a los centros de investigación e instituciones educativas con la encomienda de investigar nuevas técnicas de producción hortícola: invernaderos, plasticultura, transgénica, cultivos de tejidos y nutrición vegetal son solo algunas de las líneas de investigación y estudio en la actualidad.

Sonora ocupa el segundo lugar en la producción de hortalizas en México. De las hortalizas producidas, el pepino ha aumentado su demanda por el consumidor. En 1990, se produjeron 185,000 ton de pepino (94.8% del total de pepino exportado) y se enviaban a los Estados Unidos; en 1997 se exportó 286,082 ton, lo que representó un ingreso a nuestro país de \$ 89, 113, 770.00 dólares.

El empleo de los plásticos en la producción de hortalizas ha permitido el incremento en la producción de los cultivos, cuyo uso ha ido tomando auge al ser las hortalizas una alternativa en la producción agrícola.

Desde que Emmert en 1957 descubrió que el plástico de color tenía influencia en la temperatura del aire y el suelo, la retención de humedad y la producción de cultivos, la hipótesis central en los experimentos con plásticos ha sido siempre la misma: Cada material refleja hacia la planta longitudes de onda específicas que excitan las moléculas de pigmentos (clorofila) en los cloroplastos, siendo esta energía de excitación utilizada en la fotosíntesis alterando los procesos bioquímicos, que se reflejan en el desarrollo, crecimiento y producción. En resumen, el color de los materiales plásticos influye en el desarrollo de las plantas.

A partir de la anterior hipótesis se planteó el presente trabajo en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), consistente en 6 tratamientos con acolchado plástico de color plata, transparente, negro, amarillo, blanco y verde; evaluados en dos condiciones antes del acolchado, consistentes en solarizado durante 47 días y no solarizado.

Todo cultivo sometido a la plasticultura debe ser analizado en todas las condiciones posibles. Si algo da resultado en un lugar, en determinadas condiciones y con variables específicas, es posible que no ofrezca el mismo resultado en otro lugar o en otras condiciones.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo, además de incrementar los conocimientos en plasticultura, tuvo como finalidad desarrollar en forma específica para el cultivo de pepino una mejor forma de producción bajo este sistema y así dar mas certidumbre a los productores de la región que desconocen en su mayoría estas técnicas, las cuales aunque han demostrado sus bondades en determinados cultivos no se alcanza aún el máximo potencial por falta de investigación como la que nos ocupa.

LITERATURA REVISADA

Generalidades del cultivo

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza muy popular. Se ha cultivado desde la antigüedad, presumiblemente desde hace 3000 años. Probablemente sea originario de la India; haya sido conocido por los romanos y traído al Nuevo Mundo por Colón.

Los pepinos, sobreviven en condiciones algo más frías que las sandías y los melones, pero no germinan a menos que las temperaturas sean mayores de 13 °C, siendo esta mucho más rápida a 30 °C.

La planta de pepino es una trepadora anual con tallo espinoso o piloso. Estas plantas han sido tradicionalmente monoicas (cuentan tanto con flores femeninas como masculinas en la misma planta). Recientemente se introdujeron híbridos ginoicos que solo producen flores femeninas y para su plantación comercial se incluye un pequeño porcentaje del tipo monoico que aporta el polen necesario para la polinización (Gordon y John, 1979).

La producción comercial de pepino depende completamente de la polinización por medio de insectos, siendo las abejas los agentes polinizadores primarios (Gordon y John, 1979).

En los últimos cinco años ha aumentado la demanda por el consumidor. Estados Unidos importa de México aproximadamente 185 mil toneladas, lo que representa el 94.8 % del total de pepino importado (Steele, 1990). Sonora en el ciclo 1987-88 participó con 3941.7 ton para mesa y 731.2 ton de encurtido (U.N.P.H., 1988).

En California y Arizona EEUU este producto llega a alcanzar los precios más altos de enero a abril, registrando hasta \$19.00 dólares por caja (24 kg/caja); mientras que de noviembre a diciembre fluctúa entre \$9.00 y \$10.00 dólares por caja (Gobierno del Estado de Sonora, 1990).

Absorción de luz por las plantas

Para entender como es que la luz induce la fotosíntesis es necesario aprender algo acerca de sus propiedades. En primer lugar, la luz tiene características de partícula y de onda. La luz representa solo la porción de la energía radiante con longitudes de onda visibles para el ojo humano (aproximadamente de 390 a 760 nanómetros, nm). Esta es una región muy angosta del espectro electromagnético. Se hace referencia a la naturaleza particulada de la luz cuando se declara que tiene formas de cuantos o fotones: paquetes discretos de

energía, cada uno asociado a una longitud de onda específica. La energía de cada fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda, por lo que las longitudes de onda del azul y violeta tienen fotones más energéticos que las longitudes del rojo y anaranjado, las cuales son más largas (Salisbury, 1994).

El principio fundamental de la absorción de la luz se conoce como ley de Stark Einstein, la cual establece que cualquier molécula solo puede absorber un fotón a la vez, y que este fotón causa la excitación de solo un electrón. Electrones de valencia (de enlace) específicos en orbitales que tienen un estado fundamental (basal) estable son los que casi siempre resultan excitados, cada uno de estos electrones pueden ser alejados de su estado basal respecto al núcleo (con carga positiva) una distancia que corresponde a una energía exactamente igual a la del fotón que se absorbió. Una molécula de pigmento en dicha situación se encuentra en un estado excitado, y es esta energía de excitación la que se utiliza en la fotosíntesis (Salisbury, 1994).

Para una planta, la radiación solar es la fuente de energía (efectos fotoenergéticos), y su estímulo en la regulación del desarrollo (efectos fotocibernéticos); pudiendo cursar daños (efectos fotodestructivos). Todos los efectos de la luz resultan de la captura de cuantos. Un fotón es la unidad indivisible de energía, contenida en un quantum de luz (Quero, 1993).

La luz que afecta el desarrollo de las plantas debe tener las siguientes características: 1). Cantidad (flujo de fotones, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 2). Calidad (relación

de fotones PAR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$), 3). Dirección (gradiente de fotones), y 4). Duración (tiempo de luz, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{día}^{-1}$) (Quero, 1993).

La radiación solar que aprovechan las plantas, radiación fotosintéticamente activa (PAR), corresponde a la longitud de onda de 400 a 700 nm, y en promedio por día, las plantas reciben 9 MJ m^{-2} . Esta tiene la propiedad de excitar moléculas fotorreceptoras que constituyen las células de la hoja:

Enzimas reactivadas por la luz visible (400/480 nm)

Enzimas reactivadas por la luz UV (350 nm)

Clorofila (430/455 y 643/660 nm)

Flavoproteínas (400/600 nm)

Carotenoides (420 y 480 nm)

Fitocromo (660 y 720 nm)

Ferredoxina (400/430 nm)

Fotosistemas I y II (430/440 y 670/680 nm)

Fotorregulación de la expresión de genes (400 a 700 nm)

Como puede observarse las hojas principalmente absorben la luz solar visible, azul (260 kJ mol^{-1}) y roja (176 kJ mol^{-1}) (Quero, 1993).

Historia sobre el uso del plástico en la agricultura

El uso del plástico en la agricultura inicia poco después de la segunda guerra mundial; fue Emmert el pionero en este ramo, cuando en 1957 utiliza el plástico de color, descubriendo que este tiene un impacto en la temperatura del aire y el suelo, la retención de humedad y la producción de cultivos (Emmert, 1957).

En forma comercial el acolchado plástico de los cultivos inicia en 1977 con no más de 50 ha. A partir de entonces, el aumento en superficie se comportó en forma exponencial; en 1979 fueron 50 ha, en 1980 fueron 2,000 ha, en 1981 fueron 20,000 ha, en 1982 fueron 200,000 ha y en 1983 fueron 2,000,000 ha. La estabilización ocurre en poco más de 2 millones de ha, de 1983 hasta 1992 (Emmert, 1957; Wittwer et. al., 1987).

Solarización

En el año de 1976 cuatro investigadores publicaron un artículo describiendo un nuevo método para el control de enfermedades empleando la energía solar, llamaron a este método "Solarización". La publicación describía en detalle este método, su principio, su potencial control de enfermedades y malezas bajo condiciones de campo. A finales de los 90's, la investigación sobre la solarización de suelos había sido introducida a 38 países, incluyendo México (Katan et. al., 1976).

La solarización del suelo es un método de control relativamente nuevo que consiste en el calentamiento del suelo utilizando polietileno translúcido que permite atrapar la energía solar durante el verano (Katan et. al., 1976).

La solarización del suelo influye en el crecimiento de la planta, control de patógenos, mayor disponibilidad de los fertilizantes, control de malezas, así como en la conductividad hidráulica del suelo (Chen y Katan, 1980).

En general se ha comprobado que la solarización es efectiva contra varios patógenos del suelo bajo diversas condiciones. Desde los primeros trabajos se conoce la eficiencia contra *Verticillium* (Tomate, Berenjena, Papa), *Rhizoctonia solani* (Papa, Cebolla), *Sclerotium rolfsii* (Cacahuete), *Pyrenochaeta terrestris* (Cebolla), *Fusarium spp.* (Algodón, Melón, Tomate, Cebolla), *Plasmodiophora brassicae*, nemátodos como *Pratylenchus thornei* (Papa). La solarización reduce significativamente la incidencia de *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* sobre altramuza, también aumenta la nodulación, cosecha y altura de las plantas en madurez. La decoloración del xilema y el número de propágulos fúngicos en el suelo y se reduce la variabilidad de las clamidosporas (Arora y Pandey, 1989).

Cuando los microorganismos se someten al calor húmedo, a temperaturas superiores al máximo de crecimiento, su viabilidad se reduce. Por otra parte la mortalidad térmica de una población de microorganismos depende tanto de la temperatura como del tiempo de exposición. Pero los microorganismos

supervivientes pueden quedar debilitados y poseer menor potencial de inóculo y menor longevidad (Katan, 1981).

En investigación realizada por López y Jiménez (1995) se encontró un marcado incremento en la temperatura del suelo a los 5 cm de profundidad cuando se utilizó el método de solarización, siendo ésta en promedio 12.4 °C mayor que bajo condiciones de suelo descubierto. La solarización del suelo durante un periodo de 29 días presentó un control efectivo para zacate salado (*Leptochloa filiformis* Beauv.), correhuela (*Convolvulus arvensis* L.), quelite (*Amaranthus palmeri* S. Wats.) y verdolaga (*Portulaca oleracea* L.). En el muestreo realizado pudo observarse una reducción del 98 % en la presencia de malezas bajo suelo solarizado.

La Solarización del suelo, como un método de esterilización, puede eliminar la mayor cantidad de especies de nemátodos. Sin embargo, solo se considera efectivo donde los veranos son soleados y calurosos. La técnica básica consiste en cubrir el suelo con una película de plástico transparente y mantenerlo ahí de seis a ocho semanas. El calor del sol es atrapado por el plástico, aumentando la temperatura del suelo que esteriliza las capas superficiales. La utilización de gallinaza antes de la solarización, o el uso de una segunda capa de plástico transparente, puede reducir el tiempo efectivo de solarización en 30 días (Brown et. al., 1989; Stevens et. al., 1990).

Acolchado plástico

El acolchado con plástico de polietileno color negro y transparente ha sido usado para la producción de hortalizas desde mediados de 1960 en los Estados Unidos. En los últimos diez años no obstante, con algunas innovaciones en la tecnología para la manufactura de plástico tiene como resultado la producción de nuevas películas plásticas para los productores; como son los acolchados fotodegradables, acolchados coestructurados (blanco/negro), y diferentes colores (Ilic, 1992).

Entre los beneficios del empleo del acolchado plástico se mencionan: la modificación de la temperatura del suelo, evita pérdidas fitosanitarias, reduce la pérdida de agua, promueve mayor disponibilidad de nutrientes, facilita la absorción de nutrientes, permite el control de malezas, mejora la calidad del producto, incrementa la producción total y permite mayor precocidad, entre otros (Ilic, 1992).

En forma comercial se usan tres tipos de acolchados de plásticos: negro, transparente y el blanco/negro. Los plásticos para acolchado pueden ser lisos o pueden tener un patrón de relieve en forma de diamante, lo cual contribuye a mantenerlo firme a una cama de siembra elevada. El plástico negro es el más popular, porque inhibe el crecimiento de malezas y calienta el suelo en primavera. El acolchado transparente se usa principalmente en los estados del norte de los Estados Unidos, porque proporciona un medio ambiente más caliente al suelo, es

decir, un efecto de mini-invernadero. Un inconveniente del acolchado transparente es que se requiere de un herbicida o una fumigación para prevenir el crecimiento de malezas por debajo de la película plástica. El acolchado blanco/negro proporciona temperaturas de suelo más frías que el negro o el transparente, siendo bueno para establecer cultivos tales como tomate de otoño, o coles bajo condiciones de verano; Además, proporciona cierta cantidad de superficie reflectiva que beneficia al control de áfidos, en las plantaciones de calabaza de otoño (Lamont, 1995).

Los plásticos de colores superan al acolchado negro, en sus propiedades de calentar el suelo y de reducir las malezas. Los diversos colores reflejan diversas cualidades y cantidades de luz. Los estudios muestran que cada cultivo de hortalizas es selectivo respecto del color al que responderá de la mejor manera. Por ejemplo, el acolchado rojo es mas apropiado para pepino mientras que el azul lo es para sandía. Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Comportamiento de los cultivos en acolchado de color.

Cultivo acolchado	Color del Acolchado	% de Aumento en rendimiento respecto del negro	Mejoramiento de calidad del fruto respecto del negro
Pepino	Rojo	18%	Fruto más grande
Pimiento	Amarillo, plata	22%	Fruto más grande madurez más temprana
Calabaza	Azul, rojo	14%	Fruto más grande madurez más temprana
Tomate	Pardo SLT, negro	15%	Fruto más grande madurez más temprana
Sandía	Claro, pardo SLT	18%	Fruto más grande

(Heacox, 1995).

En trabajo realizado por López (1993) en cultivo de melón con distintos colores de acolchado plástico concluyó que el acolchado plástico amarillo incrementa el número de frutos por planta, así como el rendimiento no existiendo efecto del acolchado en precocidad y concentración de sólidos solubles; existe además una relación directa entre el comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa y el rendimiento total de melón.

Según Kasperbauer del Servicio de Investigaciones Agrícolas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el acolchado con plástico de color rojo, en un experimento realizado por el mismo en cultivo de tomate, refleja longitudes de onda muy favorables para el desarrollo de la planta incrementándose así la producción. Para probar el efecto que tiene el acolchado de color, Kasperbauer junto con otros investigadores esterilizaron cierta cantidad de suelo para eliminar todos los nemátodos; después, plantaron el tomate cubriendo el suelo con plástico rojo y negro e inoculando las raíces con diferentes cantidades de nemátodos (entre 0 y 200,000 huevecillos de nemátodos por planta). El resultado fue dramático, especialmente en primavera. Las plantas inoculadas con 200,000 huevecillos y en acolchado color negro produjeron solo 8 libras de tomate, comparado con 17 libras en las plantas desarrolladas en plástico de color rojo (Adams, 1997; Kasperbauer s.f.).

Revisando las cifras (cuadro 2) que han sido proporcionadas en diferentes épocas de la plasticultura en México, se puede observar que la verdadera

plasticultura “está por los suelos”, ya que en el buen sentido, el despegue de este sector se localiza en más de las 30 mil toneladas de plástico que están enterradas formando eficientes sistemas de riego, o bien en las 10 mil hectáreas de acolchado y microtúneles que se han venido desarrollando en los últimos cinco años.

Cuadro 2. La plasticultura en México de 1975–1995. Superficie cubierta en hectáreas.

Técnica	1975	1985	1995
Acolchado	—	350	5,600
Microtúnel	5	1,200	4,250
Invernaderos	10	490	980
Mallas	170	1,400	3,700
Microaspersión	65	3,600	12,450
Riego por goteo	2,500	9,400	35,700
Cubiertas	—	—	870
Superficie total	2,750	16,400	63,550

(Bringas, 1995).

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en el Kilómetro 21 de la carretera Hermosillo-Bahía Kino, localizado a los 29° 00' 52'' Latitud Norte y 111° 07' 56'' Longitud Oeste, a una altitud de 207 msnm; Cuenta con un tipo de suelo de textura Franco (F) a Franco Arenoso (Fa), de característica profunda (0.6-1.0 m).

Solarización

El plástico usado para la solarización, fue un plástico transparente con un espesor de 150 galgas (37.5 micras) y un ancho de 1.20 m. Después de formadas las camas sobre terreno bien mullido se colocó la película plástica el día 2 de Julio de 1995 cubriendo las camas que comprendían la primera mitad del experimento donde posteriormente se establecería el cultivo. La colocación del plástico se realizó en forma manual. Después de un periodo de 47 días, el 18 de Agosto del mismo año se retiró la película plástica y se procedió a la colocación del acolchado plástico de color en toda el área experimental (suelo solarizado y no-solarizado).

Muestreo de suelo

La toma de muestras de suelo para el análisis de patógenos como *Macrophomina*, *Fusarium* y Nemátodos, se efectuó el día 1 de Julio antes de la solarización. Para ello se tomaron tres muestras en tres camas elegidas al azar en la mitad del área experimental donde se solarizaría y tres muestras mas en la segunda mitad del área la cual no sería sometida a este tratamiento, colectando en cada caso aproximadamente 0.5 kg de suelo. Las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología para su procesamiento.

Finalizado el periodo de solarización, el día 18 de Agosto se tomaron seis muestras mas. Tres muestras en camas elegidas al azar, en el área recién sometida a solarización y otras tres en el área que no fue solarizada.

Muestreo de malezas

Cuarenta y cinco días después de la emergencia, el día 25 de Octubre, se hizo un muestreo de malezas después del solarizado, para lo cual se utilizó un rectángulo hecho de alambón de 0.5 m de ancho por 2 m de largo (1 m²). Se realizaron al azar cuatro muestreo (repeticiones) en el área solarizada y cuatro en la no-solarizada. Los muestreos consistieron en la identificación de las malezas presentes, así como el conteo de las mismas y la alternancia del área cubierta por estas.

Tratamientos

El diseño de tratamientos utilizado fue de parcelas divididas, en donde los factores fueron:

Suelo: Solarizado y No Solarizado.

Acolchado plástico: Negro, Blanco, Cristalino, Amarillo, Plata, Verde, Testigo 1 (con deshierbe) y Testigo 2 (sin deshierbe).

Las variables a medir fueron:

A. Variables Físicas:

Temperatura del suelo.

Temperatura del aire.

Precipitación.

B. Variables Biológicas:

Fitopatógenos del suelo.

Macrophomina.

Fusarium.

Nemátodos.

Malezas.

Emergencia del cultivo.

Peso del fruto.

Número de frutos por planta.

Rendimiento.

Diseño del experimento

El diseño contó con 4 repeticiones, cuya unidad experimental constó de 1 surco de 10 m de largo y 1.80 m de ancho (18 m^2) y como área útil se consideró 2.7 m^2 en la parte central de cada unidad experimental.

Fertilización

La fertilización fue 250-100-100 (N-P-K) utilizándose el 17-17-17 y Urea. Se aplicó en presiembra 250 kg de nitrógeno, 100 kg de fósforo y 100 kg de potasio.

Siembra

Se usó la variedad Poinsett, la siembra se realizó en forma directa el día 7 de septiembre de 1995. La densidad de población utilizada fue de aproximadamente $16,500 \text{ Plantas ha}^{-1}$, lo cual se logró con 3 plantas por metro lineal y con surcos a 1.80 m de separación.

Variables físicas medidas

Registro de temperatura del suelo

Durante el periodo de solarización del suelo, semanalmente a las 14:30 horas se realizó un muestreo de la temperatura del suelo a 2.5 cm de profundidad, tanto en el área solarizada como no solarizada, con la finalidad de observar las diferencias entre ambos tratamientos. En el cuadro 3 de resultados se muestran estas lecturas.

Registro de temperatura del aire

A lo largo del desarrollo del experimento se registró la temperatura del aire, utilizando para ello un termógrafo colocado a 1.50 m de altura dentro de un abrigo meteorológico en las afueras del experimento.

El registro de temperaturas se presenta en la figura 1 del apéndice.

Registro de precipitación

Al igual que la temperatura del aire, a lo largo del experimento se registró la lluvia presentada en el área, utilizando para ello un pluviómetro ubicado dentro de una estación meteorológica en las afueras del experimento.

El registro de precipitaciones se presenta en la figura 2 del apéndice.

Variables biológicas medidas

Análisis de *Fusarium*

Antes del solarizado, el día 1 de Julio, se tomaron tres muestras en el área donde se establecería el tratamiento y tres muestras mas en la segunda mitad del área, la cual no se solarizó. Cada muestra de aproximadamente medio kilo fue el resultado de una mezcla de suelos a profundidades de cinco, diez y quince centímetros en el punto de muestreo. En total se analizaron seis muestras en un primer análisis del suelo. El segundo análisis se efectuó el día 18 de Agosto después de retirado el plástico con el cual se solarizó el terreno.

El análisis consistió en aislar y cuantificar los propágulos de *Fusarium solani* por gramo de suelo, utilizando para su aislamiento el método selectivo de Nash y Snyder a base de Peptona (6.75 g), Agar-Agar (7.65 g), KH_2PO_4 (0.45 g), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0.225 g), PCNB (0.45 g) y Estreptomicina (0.135 g). por litro de agua.

Para llevar a cabo la inoculación del suelo en los medios de cultivos, se preparó una dilución 1:200; se tomaron 5 ml y se distribuyeron en 5 cajas de petri,

haciendo esto en cada una de las muestras. Las cajas inoculadas se incubaron a una temperatura de 26°C durante 5 a 6 días, después de ese tiempo se contaron las colonias que desarrollaban.

El número de propágulos por gramo de suelo se obtuvo multiplicando el promedio de las colonias desarrolladas en las 5 cajas correspondientes a cada muestra, por la dilución 1:200 (Arias, 1982).

Análisis de *Macrophomina*

Para el análisis de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Se tomaron las mismas muestras usadas para la determinación de *Fusarium*, antes y después de solarizar, utilizando el conteo de propágulos por el método de Mihail y Alcorn a base de Papa dextrosa-Agar (17.55 g), Bacto-Agar (4.5 g), Demosán (0.1044 g) y Sulfato de estreptomicina (0.1125 g).

En un matraz Erlenmeyer de 500 ml, se disolvió el Bacto-agar y el PDA ajustándose a un volumen de 500 ml con agua destilada, se agitó la mezcla hasta no dejar grumos y se colocó en la autoclave para su esterilización durante 20 minutos.

Una vez esterilizado el medio, se dejó enfriar al medio ambiente y sin que se solidificara se le agregó el Demosán y el Sulfato de estreptomicina agitándose

constantemente hasta desaparecer los residuos de Demosán en el fondo del matraz. Posteriormente, se vació el medio en 25 cajas de petri esterilizadas dejándose enfriar hasta la solidificación del medio.

Cada muestra se disolvió en Clorax 0.525 % y se agitó en licuadora 3 veces por 30 segundos. Posteriormente, la suspensión agitada se pasó por un tamiz de 325 mallas y se lavó con agua esterilizada. El residuo del suelo que quedó en el tamiz se vació en un vaso de precipitado, lavando con cuidado el tamiz para que no quedara residuo en éste, para a continuación ser diluido de la forma siguiente: el residuo de una muestra de 25 gr se diluyó en 200 ml de agua esterilizada, se inocularon 5 cajas de petri , con 1 ml de solución para cada caja.

Las cajas de petri inoculadas se colocaron en una estufa con temperatura de 30°C y se dejaron por 6 días, al termino de los cuales se realizó el conteo de colonias (Avilez, 1985).

Análisis de Nemátodos

A continuación se describe la técnica que se utilizó para la extracción de nemátodos de las muestras recolectadas antes y después del solarizado.

Técnica del embudo de Baermann :

1. Se colocó un embudo de vidrio en un soporte de metal (alambrón).

2. Se colocó una prensa (broche) en la manguera de hule de la parte final del embudo.
3. Se puso una malla de alambre en la boca del embudo y se añadió agua destilada hasta tocar la malla.
4. Se eliminó el aire del interior del cuello del embudo.
5. Se midieron 100 cc de suelo y se depositaron sobre 2 toallas de papel. Eliminándose porciones de raíz terrones o piedras.
6. Se doblaron y envolvieron las toallas sobre la muestra y se depositaron cuidadosamente sobre la malla de alambre, cuidando que las orillas de las toallas no queden fuera de la boca del embudo para evitar pérdidas de agua.
7. Se añadió mas agua destilada al embudo, hasta que el nivel del agua estuvo en contacto con la muestra; observándose el contenido del agua 10 minutos después, con el fin de asegurarse que el nivel de agua no bajara .
8. Se mantuvo la muestra en el embudo por 3 días, procurando que el agua estuviera siempre en contacto con la muestra del suelo.
9. Al tercer día se drenaron unos cuantos mililitros a través de la manguera de hule, y recogándose en una caja de Syracuse.
10. Finalmente, se procedió a observar al Microscopio.

Manejo agronómico

En las primeras etapas del cultivo, para el control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*, biotipo “B”) se aplicó Herald 375 en dosis de 0.5 l ha^{-1} el día 3

de octubre. Una segunda aplicación en la misma dosis se aplicó del día 17 del mismo mes con el fin de mantener libre el experimento de vectores (mosquita blanca, minador, etc.). El día 24 del mismo mes se aplicó una mezcla de Trigard y Thiodan en dosis de 125 g y 625 ml por hectárea respectivamente, para el control de minador y mosquita blanca respectivamente.

El deshierbe se realizó en forma manual , con azadón, a medida que el cultivo lo requería. Solo en el testigo sin deshierbe se omitió dicha labor cultural.

Cosecha

La cosecha inició el día 2 de noviembre, efectuándose un total de 5 cortes. En cada corte se registró la cantidad de frutos y el peso total por cada unidad experimental.

Antes de la cosecha se marcaron 5 plantas por unidad experimental (1.5 m de lo largo de la cama de 1.8 m).

Se realizaron un total de cinco cortes, considerándose una producción total al final de la cosecha que correspondió a la suma de los cinco cortes. Se realizó un análisis estadístico considerando rendimiento y como este fue afectado por los factores en estudio: Suelo (solarizado y no solarizado) y Color del acolchado plástico.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza para las variables físicas y las variables biológicas utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), así como su respectiva comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

Temperatura del suelo

En el cuadro se muestra el registro de temperaturas a 2.5 cm que por semana obtuvimos durante el periodo de solarización.

Cuadro 3. Registro de temperaturas del suelo con solarización.

Tratamiento	Sem	Jul/11/95	Jul/18/95	Jul/25/95	Ago/02/95	Media
Solarizado	1	55.92	53.86	59.82	60.34	57.5 °C A ^a
	2	55.92	53.86	59.76	60.42	
	3	55.90	53.80	59.71	60.34	
	Media	55.90	53.80	59.80	60.40	
No Solarizado	1	45.26	35.05	48.00	46.64	43.8 °C B
	2	45.32	35.03	47.94	46.67	
	3	45.42	35.01	47.98	46.68	
	Media	45.30	35.00	48.00	46.70	

c.v. 9.4

$R^2=0.7352$

a Separación de medias por el método de REGWF.

La diferencia en temperaturas puede notarse en el cuadro 4 con una media de 57.5 °C para el tratamiento solarizado y de 43.8 °C para no solarizado.

Cuadro 4. Registro de temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) a las 2:30 p.m., durante el periodo de solarización, a una profundidad de 2.5 cm, en suelo cubierto y descubierto (1995).

Tratamiento	Sem. 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Media	D.F.($^{\circ}\text{C}$)
Solarizado	55.9	53.8	59.8	60.4	57.5 A ^a	+13.7
No-Solarizado	45.3	35.0	48.0	46.7	43.8 B	

C.V. = 9.4 $R^2 = 0.7352$

^a Separación de medias por el método de REGWF.

Sem. Representa la semana correspondiente

Estadísticamente las medias de los tratamientos analizados registran una diferencia significativa, que se refleja en 13.7°C de incremento en la temperatura del suelo en el tratamiento de solarización.

En trabajo realizado por López y Jiménez (1995) con esta misma técnica, implementadas durante un periodo de 29 días, se obtuvo un incremento de 12.4°C ; lo cual representa aproximadamente 1°C de diferencia con respecto al resultado obtenido en el presente trabajo.

Propágulos de *Fusarium*

Como se ve en el cuadro 5, el efecto de la solarización sobre *Fusarium oxysporum* f.sp. dianthi. fue determinante. Esta afirmación tiene como soporte los muestreos realizados antes y después del solarizado, los cuales muestran como la cantidad de propágulos de *Fusarium oxysporum* f.sp. dianthi. disminuyó de 1.4 a

0.33 propágulos por gramo de suelo respectivamente, lo cual representó una disminución del 76.4%.

Comparando las muestras, también en el cuadro 5, tomadas antes y después en el tratamiento no-solarizado, se observa un efecto opuesto al tratamiento de solarización al registrarse un incremento en la cantidad de propágulos, pasando esta de 0.93 a 1.80 propágulos por gramo de suelo, lo cual representó un incremento del 93.5% .

Cuadro 5. Cuantificación de propágulos de *Fusarium oxysporum* f.sp. dianthi. antes y después de la solarización (técnica de Nash y Zinder, 1995).

Tratamiento		M 1	M 2	M 3	Media	Incremento en la población (%)
Solarizado	Antes	0.0	1.6	2.6	1.40	- 76.43 B ^a
	Después	0.0	0.8	0.2	0.33	
No-Solarizado	Antes	1.2	1.0	0.6	0.93	93.55 A
	Después	1.2	2.5	1.6	1.80	

^a Separación de medias por el método de REGWF
M. Representa la muestra

Al analizar estadísticamente el comportamiento de la población de *Fusarium*, antes y después de cada tratamiento, no se encontró diferencia significativa entre ambos.

Arora y Pandey (1989) mencionan que la solarización reduce significativamente la incidencia de *Fusarium oxysporum* spp. Lo cual sustenta el efecto de control que sobre este patógeno se obtuvo en el presente trabajo.

Resultados similares fueron obtenidos por Davis (s.f.), quien señala a *Fusarium* como un patógeno que puede ser controlado mediante la solarización del suelo.

Propágulos de *Macrophomina*

A diferencia de *Fusarium*, *Macrophomina* no se vio afectado por el tratamiento de solarización. Con una media de 2.8 propágulos por gramo de suelo antes y 5.33 propágulos por gramo de suelo después del tratamiento se observó un incremento del 90.3% (cuadro 6).

En cuanto al área no-solarizada, como se observa en cuadro 6, al inicio se tuvo una media de 4.26 propágulos por gramo de suelo y después 7.26 propágulos por gramo de suelo, lo cual representa un incremento del 70.4%, comportamiento similar al tratamiento de solarizado.

Cuadro 6. Cuantificación de propágulos de *Macrophomina* antes y después de la solarización (técnica de Mihail y Alcorn, 1995).

Tratamiento		M 1	M 2	M 3	Media	Incremento en la población (%)
Solarizado	Antes	1.6	4.2	2.6	2.80	90.36 A ^a
	Después	1.0	10.8	4.2	5.33	
No-Solarizado	Antes	3.8	7.4	1.6	4.26	70.42 A
	Después	4.4	9.4	8.0	7.26	

a Separación de medias por el método de REGWF

M. Representa la muestra

En el análisis estadístico realizado sobre el incremento en la población (%), antes y después en cada tratamiento, se encontró que no existe diferencia significativa, pudiéndose determinar que este patógeno no se ve afectado por las altas temperaturas registradas bajo solarización.

La ineficacia de la técnica de solarización para el control de *Macrophomina* es mas comprensible si se considera que este es un patógeno que ha sido reportado sobre todo en países con clima caliente como: India, Pakistán, Zaire, Egipto, etc. y en América en regiones áridas y semi-áridas como México y Estados Unidos (Chohan, 1979; Carter, 1979; Urdaneta y Bauer, 1981). Considerando también que temperaturas arriba de los 36 °C favorecen el desarrollo de la pudrición carbonosa (Nene et. al, 1979).

Al respecto, De Vay (1991) señala que algunos patógenos como *Macrophomina* son menos sensibles a las temperaturas elevadas en tierra húmeda.

Los resultados coinciden con Davis (s.f.) quien señala que *Macrophomina phaseolina* es un patógeno que va de parcialmente a no controlado con la solarización del suelo.

Nemátodos

En los cuadros 7 y 8 se observa una relación en la cantidad de nemátodos por 10 gramos de suelo. El cuadro 7 muestra las cantidades de nemátodos saprófitos y patógenos, esto antes del periodo comprendido para los tratamientos de solarización y no-solarización. En este mismo cuadro se aprecia una mayor presencia de nemátodos en el área donde se establecería el tratamiento de solarización con un total de 344 nemátodos, mientras que en el área que permanecería descubierta (no-solarizada) se inició con un total de 154 nemátodos.

Cuadro 7. Cantidad de nemátodos de las muestras tomadas antes de la solarización (1995).

Tratamiento	Muestra	Saprófitos	Patógenos
Solarizado	1	64	24
	2	80	24
	3	136	16
	Media	93.33	21.33
No-Solarizado	1	50	8
	2	50	8
	3	35	3
	Media	45.00	6.33

Cuadro 8. Cantidad de nemátodos de las muestras tomadas después de la solarización (1995).

Tratamiento	Muestra	Saprófitos	Patógenos
Solarizado	1	8	0
	2	8	0
	3	9	0
	Media	8.33	0.00
No-Solarizado	1	48	16
	2	104	16
	3	120	17
	Media	90.66	16.33

En el cuadro 8 se presentan los resultados del muestreo realizado a los 45 días, obteniéndose un total de 25 nemátodos contra los 344 encontrados en un principio, lo cual señala el efecto significativo en el control de nemátodos con la técnica de solarización.

El análisis estadístico realizado a la variable patógenos, mostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el efecto de la solarización significativo en la reducción de nemátodos en el suelo.

En concordancia con los resultados obtenidos en el presente trabajo, respecto al control de nemátodos utilizando la técnica de solarización, Adams (1997) señala que este método puede ser efectivo para el control de la mayoría de las especies de nemátodos.

Malezas

La técnica de solarización resultó eficaz para el control de malas hierbas como se muestra en el cuadro 9. Se hicieron muestreos antes y después del periodo de tratamiento y en promedio general una disminución de 9.4 puntos porcentuales en el solarizado reafirmó lo eficaz de la técnica para este propósito.

Cuadro 9. Relación de malezas (plantas/m²), en suelo solarizado y no-solarizado (1995).

Tratamiento	Repetición	Z.S.	C	T	Q	Cob. (%)	Media
Solarizado	1	5	0	0	0	4	1.4 B ^a
	2	4	4	0	0	1	
	3	1	1	0	0	0.5	
	4	0	0	0	0	0	
No-Solarizado	1	8	7	0	0	15	10.8 A
	2	6	1	1	3	10	
	3	0	7	0	0	8	
	4	0	12	0	0	10	

Z.S.=Zacate Salado C=Correhuela T=Tomatillo Q=Quelite

^a Separación de medias por el método de REGWF

Cob. Representa la cobertura

Después de analizar la variable cobertura de maleza con una media de 10.8% en el tratamiento no-solarizado y de 1.4% en el solarizado, según el análisis estadístico realizado presentó una diferencia significativa entre ambos tratamientos.

Diversos autores en los últimos años han demostrado el hecho de que la solarización reduce la vegetación espontánea (Ashley, 1990; Braun et. al., 1986; Durati y Coucolo, 1988).

La solarización influye notablemente sobre malas hierbas anuales, en menor medida sobre perennes, e incluso sobre algunas plantas parásitas como *Orobanche spp.* (Saverborn et. al., 1989).

Emergencia del cultivo

En el cuadro 10 se muestra como los tratamientos, solarización y no-solarización, registraron porcentajes de emergencia superiores al 90%, siendo este del 91.3% en el primer caso y del 90.6% en el segundo.

En el cuadro 11 se muestra el efecto del acolcha plástico en la emergencia del cultivo, pudiéndose observar como el tratamiento con acolchado transparente resulta inapropiado ya que este redujo a un 75% la emergencia, mientras que el resto de los acolchados se tuvo una emergencia superior al 90%.

Lo anterior indica que con o sin tratamiento de solarización o independientemente del tratamiento de acolchado de que se trate, la emergencia del cultivo no se vio alterada en gran medida.

Cuadro 10. Análisis de emergencia en pepino considerando el tratamiento de solarización (1995).

Tratamiento	Media
Solarizado	91.3 A ^a
No-Solarizado	90.6 A

Lo anterior se debe a la disipación del calor que se da inmediatamente posterior al retiro del plástico utilizado en la solarización.

Cuadro 11. Análisis de emergencia en pepino considerando la interacción de acolchado y solarización (1995).

Tratamiento	Solarizado	No-Solarizado	Media
Ac. Plata	95.0	97.5	96.3 A ^a
Testigo 1 (C. deshierbe)	92.5	92.5	92.5 A
Ac. Blanco	95.0	92.5	93.8 A
Ac. Verde	90.0	95.0	92.5 A
Ac. Amarillo	92.5	90.0	91.3 A
Testigo 2 (S. deshierbe)	92.5	92.5	92.5 A
Ac. Transparente	75.0	75.0	75.0 B
Ac. Negro	90.0	97.5	93.8 A

^a Separación de medias por el método de REGWF

Ac. Representa el acolchado plástico

La reducción en la emergencia al utilizar el acolchado transparente, posterior al solarizado, se debe al incremento en la temperatura del suelo por efecto del plástico, dando continuidad al proceso de solarización.

El análisis estadístico efectuado a esta variable no mostró diferencia significativa para el tratamiento de solarización; mientras que para el caso de los *acolchados plásticos*, a excepción del acolchado transparente, los demás acolchados utilizados no presentaron diferencias significativas.

Peso del fruto

Como se muestra en el cuadro 12, la variable peso de fruto se vio afectada cuando el cultivo se sometió al tratamiento de solarización, al registrar un incremento en el peso de fruto.

Como se ve en el cuadro 13, el acolchado plástico también influyó en dicha variable, obteniéndose el mejor resultado en el acolchado plata con 321 g, seguido por el acolchado transparente con 310 g, mientras que el menor peso se registró en el testigo 2 en el cual no se realizó deshierbe alguno.

Analizando el cuadro 14 se observa en forma general que las plantas desarrolladas en el área que estuvo sometida a solarización, tuvieron mayor peso de fruto, registrándose los valores mas altos en el acolchado plata con 343 g , seguido por el acolchado transparente con 322 g. Por lo anterior a excepción del acolchado blanco se observa la influencia de la interacción de la solarizado con el acolchado plástico sobre la variable peso del fruto.

Cuadro 12. Comparación de las variables peso de fruto y número de frutos por planta en condiciones de suelo solarizado y no-solarizado (1995).

Tratamientos	Peso de fruto (g)	Frutos por planta
Solarizado	295.5 A^a	7.6 A
No Solarizado	283.2 A	7.0 A

a Separación de medias por el método de REGWF

Cuadro 13. Comparación de las variables peso de fruto y número de frutos por planta en los tratamientos con plástico de color (1995).

Tratamientos	Peso de fruto (g)	Frutos por planta
Ac. Plata	321 A^a	8 A
Ac. Transparente	310 AB	8 A
Ac. Negro	290 ABC	7 A
Ac. Amarillo	288 ABC	7 A
Ac. Blanco	285 ABC	8 A
Testigo 1 (C. deshierbe)	283 ABC	8 A
Ac. Verde	274 BC	8 A
Testigo 2 (S. deshierbe)	263 C	8 A

a Separación de medias por el método de REGWF

Ac. Representa el acolchado plástico

Del análisis estadístico realizado, se encontró que para el tratamiento de solarización no existen diferencias significativas, por lo que dicha técnica no presentó efecto alguno en la variable peso de fruto.

En el caso de los acolchados plásticos, los tratamientos mostraron diferencias significativas, siendo el mejor tratamiento el acolchado plata con 321

g, seguido por el acolchado transparente con 310 g, mientras que el resto de los tratamientos no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 14. Comparación de las variables peso de fruto y número de frutos por planta bajo la interacción de los tratamientos considerados (1995).

Tratamientos	Peso de fruto (g)		Frutos por planta	
	No Solarizado	Solarizado	No Solarizado	Solarizado
Ac. Amarillo	287	287	6	7
Ac. Blanco	296	274	8	8
Ac. Negro	283	295	7	8
Ac. Plata	299	343	7	8
Ac. Transparente	297	322	7	8
Ac. Verde	267	280	9	7
Testigo 1 (C. deshierbe)	271	295	7	10
Testigo 2 (S. deshierbe)	262	264	8	8

Ac. Representa el acolchado plástico

Frutos por planta

Con un promedio de 7.6 frutos por planta en el tratamiento del solarizado y de 7.0 frutos por planta en el tratamiento no-solarizado, como se ve en cuadro 12, se observa que la cantidad de frutos por planta es similar en ambos tratamientos.

Por otra parte, en el cuadro 13 se ve como a excepción de los acolchados negro y amarillo el número de frutos por planta bajo los tratamientos con acolchado plástico es de 8 frutos por planta.

En el cuadro 14, donde se muestra la interacción de los tratamientos, se observa como el testigo 1, donde se realizó deshierbe, bajo solarización, arrojó el resultado más alto con 10 frutos por planta en promedio, seguido por el acolchado verde con el tratamiento no solarizado con 9 frutos por planta. El resto de las interacciones mostraron similitud en esta variable (entre 7 y 8 frutos por planta).

Según el análisis estadístico, realizado para la variable frutos por planta bajo los tratamientos contemplados en este trabajo, consistentes en solarización y acolchado, no existe diferencia significativa entre tratamientos.

A diferencia del resultado obtenido en este trabajo, en experimento realizado en el ciclo agrícola verano-otoño de 1994 en cultivo de melón, variedad primo, bajo los tratamientos de solarización y acolchado plástico, esta variable se incrementó hasta en un 33.3%, comparativamente al testigo sin solarizar (López, 1999).

Rendimiento

Como se observa en los cuadros 15 y 16, los tratamientos bajo solarizado fueron los que presentaron un mayor rendimiento, siendo en el acolchado plástico color plata, así como en el testigo 1 donde se obtuvieron los mejores resultados con 39.4 ton/ha (2.3 kg/planta, equivalentes a un promedio 3282 cajas/ha), seguidos por el acolchado color blanco con 38.0 ton/ha (2.2 kg/planta, equivalente a 3164 cajas/ha), mientras que en el acolchado color amarillo fue donde se obtuvo el menor rendimiento con 31.0 ton/ha (1.8 kg/planta, equivalentes a 2586 cajas/ha). Sin embargo no se observaron diferencias significativas en rendimiento por tratamientos.

En cuanto a la interacción de solarización y acolchado plástico, como se muestra en cuadro 17, el mejor rendimiento se obtuvo en el testigo 1 solarizado con 47.0 ton/ha (2.8 kg/planta, equivalente a 3920 cajas/ha), seguido por el acolchado plástico color plata previa solarización con 44.4 ton/ha (2.6 kg/planta, equivalente a 3696 cajas/ha) mientras que en el acolchado plástico amarillo sin una previa solarización fue en donde se obtuvo el menor rendimiento con 29.6 ton/ha (1.7 kg/planta, equivalente a 2464 cajas/ha).

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa para la variable rendimiento en el tratamiento de solarización lo cual hace indicar que no existe efecto alguno con la implementación de dicha técnica.

Cuadro 15. Comparación de las variables rendimiento por planta, rendimiento total y número de cajas en condiciones de suelo solarizado y no-solarizado (1995).

Tratamientos	Rendimiento por planta (Kg)	Rendimiento total (Ton/ha)	Cajas/ha (12 Kg)
Solarizado	2.2 A ^a	38.0 A	3168 A
No Solarizado	2.0 A	33.9 A	2826 A

a Separación de medias por el método de REGWF

Así mismo, en el cuadro 16 se muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de acolchado plástico; ello a pesar de las diferencias observadas en rendimiento.

Cuadro 16. Comparación de las variables rendimiento por planta, rendimiento total y número de cajas en los tratamientos con plástico de color (1995).

Tratamientos	Rendimiento por planta (Kg)	Rendimiento total (Ton/ha)	Cajas/ha (12 Kg)
Ac. Plata	2.3 A ^a	39.4 A	3284 A
Ac. Transparente	2.1 A	36.1 A	3006 A
Ac. Negro	2.0 A	34.1 A	2842 A
Ac. Amarillo	1.8 A	31.0 A	2586 A
Ac. Blanco	2.2 A	38.0 A	3164 A
Testigo 1(C. deshierbe)	2.3 A	39.4 A	3280 A
Ac. Verde	2.0 A	34.4 A	2866 A
Testigo 2(S deshierbe)	2.0 A	35.3 A	2944 A

a Separación de medias por el método de REGWF

Ac. Representa el acolchado plástico

Cuadro 17. Comparación de las variables rendimiento por planta y rendimiento total bajo la interacción de los tratamientos considerados (1995).

Tratamientos	Rendimiento por planta (Kg)		Rendimiento total (Ton/ha)	
	No Solarizado	Solarizado	No Solarizado	Solarizado
Ac. Amarillo	1.7	1.9	29.6	32.5
Ac. Blanco	2.3	2.2	38.5	37.5
Ac. Negro	1.9	2.1	32.2	36.0
Ac. Plata	2.0	2.6	34.4	44.4
Ac. Transparente	1.8	2.3	31.7	40.4
Ac. Verde	2.2	1.7	38.4	30.4
Testigo 1 (C. deshierbe)	1.9	2.8	31.7	47.0
Testigo 2 (S. deshierbe)	2.0	2.1	34.7	35.9

Ac. Representa el acolchado plástico

Cuadro 18. Comparación de la variable número de cajas por hectárea bajo la interacción de los tratamientos considerados (1995).

Tratamientos	Cajas/ha (12 Kg)	
	No Solarizado	Solarizado
Ac. Amarillo	2464	2708
Ac. Blanco	3208	3122
Ac. Negro	2686	3000
Ac. Plata	2870	3696
Ac. Transparente	2642	3370
Ac. Verde	3202	2532
Testigo 1 (C. deshierbe)	2640	3920
Testigo 2 (S. deshierbe)	2894	2994

Ac. Representa el acolchado plástico

En el ciclo agrícola verano-otoño de 1996, en experimento realizado por López y Alvarez (1999) con cultivo de pepino, variedad Poinsett, bajo los tratamientos de acolchado colores plata y blanco, los rendimientos fueron con respecto al testigo incrementados hasta en un 28.0% con un promedio de 34.3 ton/ha (2.0 kg/planta, equivalente a 2858 cajas/ha), resultado similar obtenido en el presente trabajo al utilizar el acolchado plástico sin una previa solarización del suelo.

Los resultados aquí obtenidos no coinciden con Cebolla et. al. (s.f.) quienes observaron aumento en el rendimiento de hortalizas al utilizar la solarización.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se desarrolló el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. La solarización del suelo permite un incremento significativo en la temperatura del suelo.
2. El implementar la solarización permite el control de *Fusarium* y nemátodos en el suelo, aunque sin efecto sobre *Macrophomina*.
3. Mediante la solarización del suelo se obtiene un control eficiente sobre la maleza en el terreno.
4. El empleo del acolchado transparente, en el ciclo de verano-otoño, reduce significativamente la emergencia del cultivo, debido principalmente al incremento en la temperatura del suelo.
5. En cuanto al peso de fruto, el empleo del acolchado plástico plata permitió un incremento en dicha variable, sin mostrar efecto alguno la implementación del solarizado.
6. Tanto la solarización del suelo como el acolchado plástico no influyeron significativamente en el número de frutos por planta ni en el rendimiento en pepino.
7. Dada la diferencia numérica observada en el rendimiento, se recomienda continuar este tipo de trabajo buscando eliminar el error estadístico.

LITERATURA CITADA

- Adams, S. 1997. Seein' red: colored mulch starves nematodes. Agricultural Research. October. 18.
- Arias, T. B. 1982. Determinación de la densidad de inóculos de *Fusarium solani* y su relación con la incidencia de la pudrición de raíz del garbanzo. Escuela de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora Tesis de licenciatura. 87 P.
- Arora, D. K. and A.K. Pandey . 1989. Effects of solarization of Fusarium wilt of chickpea. Journal of Phytopathology. 124: 13 - 22.
- Ashley, R. A. 1990. Solarization as weed control alternative for Conecticut. Proc. Northerastern Weed Science Society. 23.
- Avilez, P. V., 1985. Aislamiento y cuantificación de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. en suelos de la Costa de Hermosillo, Sonora. Escuela de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora. Tesis de licenciatura. 80 P.
- Braun, M.,W. Koch, H.H. Mossa, and M. Stiefvater. 1986. Solarization for weed and pest control-possibilities and limitations. Proc. Weed control in vegetable production of the EC Experts' Group, Stuttgart. 28-31.
- Bringas, G. L. 1995. La plasticultura está por los suelos. Productores de Hortalizas. 9: 38.
- Brown, J. E., M. G. Patterson, and M. C. Osborn. 1989. Effect of clear plastic solarization and chicken manure on weed control. Proceeding of the 21 st National Agricultural Plastics Congress. Nat. Ag. Plastic Assoc., Peoria, IL. 76-79.
- Carter. W. W. 1979. Importance of *Macrophomina phaseolina* in vine decline and fruit rot of cantaloup in south Texas. Plant. Dis. Repr. 63(11): 927-930.

- Cebolla, V., P.F. Martínez, A. del Busto y G. de Barreda. S.f. la desinfección del suelo por energía solar (solarización). Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia España. 20 p.
- Chen, Y. and J. Katan. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science*. 130(5): 271-277.
- Chohan, J. S. 1979. Epidemiology of soil-borne diseases of groundnut. Proceeding of the consultants group discussion on the resistance to soil-borne diseases of legumes. ICRISAT patancheru. Andhra Pradesh, India. 49, 50, 66.
- Davis, J.R. s.f. La solarización: Control de patógenos y enfermedades; incrementos en el rendimiento y la calidad de las siembras; efectos a corto y largo plazo; y control integrado. Departamento de tierra para plantas y ciencias Entomológicas. Universidad Idaho. E.U.A. p. 12.
- De Vay, J. E. 1991. Use of soil solarization for control of fungal and bacterial plant pathogens including biocontrol. In: *Solarization*. FAO. Paper 109. p. 79-91.
- Duranti, A. and L. Coucolo. 1988. Solarization in weed control of onion (*Allium cepa* L.). *Advances in Horticultural Science*. 2(5): 104-108.
- Emmert, E.M. 1957. Black polyethylene for mulching vegetables. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69: 464-467.
- Gobierno del Estado de Sonora. 1990. Estudio de Prospección Comercial de Hortalizas al mercado de California y Arizona. 72,73.
- Gordon, H.R. y A.B. John. 1979. *Horticultura*. Ed. AGT editor, S.A. México, D.F. 727 P.
- Heacox, L. 1995. *Plasticultura El color de los diseñadores de campo*. Productores de hortalizas. 9: 30-33.
- Ilic, P. 1992. Los beneficios del acolchado plástico en la producción de hortalizas. Resumen de ponencias presentadas en el taller Producción de Hortalizas. INIFAP. Navojoa, Son.
- Katan, J; A. Greenberger, H. Alon, and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens, *Phytopathology*. 66(6): 683.

- Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopathol.* 19: 211 – 236.
- Kasperbauer M. J. ARS Coastal Plains Soil, Water, and Plant Research Laboratory. 2611 West Lucas St. Florence, SC 29501 – 1242.
- Lamont, W. J. 1995. Sistemas de producción hortícola con plasticultura ¿cuales son sus componentes?. Seminario Internacional de Plasticultura. Hermosillo Son. 1-4 P.
- López, J. 1993. Evaluación de diferentes tipos de acolchado plástico en la respuesta del melón (*Cucumis melo L.*). VI Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C. Hermosillo, Sonora. 5.
- López, J., y A. Alvarez. 1999. Guía para el empleo de agroplásticos en la producción de hortalizas. Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora. P. 30.
- López, J. y J. Jiménez. 1995. Solarización del suelo y su influencia en la presencia de malezas en el cultivo de melón. *Horticultura Mexicana.* 3(3):207-209
- Nene, Y. L., J. Kannaiyan, M. P. Haware, and M. V. Reddy. 1979. Review of the work done at ICRISAT on soil-borne diseases of pigeonpea and chickpea. In: Proceeding of the consultants group discussion on the resistance to soil-borne diseases of legumes. ICRISAT. Patancheru. Andhra Pradesh, India. 19, 31, 48, 61.
- Quero, E. 1993. Fertilización carbónica y lumínica en cultivos vegetales. Manual del Centro de Investigaciones en Química Aplicada. 7-8.
- Salisbury, R. 1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamérica. México. 759 P.
- Saverborn, J., K.H. Linke, M.C. Saxena, and W. Koch. 1989. Solarization a physical control method for weeds and parasitic plants (*Orabanche* spp.) In: *Mediterranean agriculture. Weed research* 29(9): 391-397.
- Steele, H. L. 1990. The role of foreign assistance programs in development of Exportable HortSci. *Crops.* 25: 38-49.
- Stevens, C., V. A. Khan and A. Y. Tang. 1990. Solar heating of soil with double plastic layers: a potential method of pest control. Proceeding of the 22nd National Agricultural Plastics Congress. Nat. Ag. Plastic Assoc. Peoria, IL. 163-68.

- U.N.P.H. (Unión Nacional de Productores de Hortalizas 1988. Informe Estadístico. P. 55.
- Urdaneta, R. V. y M. L. I. de Bauer. 1981. Pudrición del cuello y tallo del ajonjolí por *Macrophomina phaseolina* en diferentes regiones de México. Chapingo, Méx. Sobretiro de Agrociencia No. 43.
- Wittwer, S. H; T. Toutal, S. Han, and W. Lianzheng. 1987. The plastic revolution. Feeding billion, frontie in chinese agriculture. Michigan state Univ. Press. East Lansing. 381-390.
- Wright, J.C. 1968. Production of polyethylene film. Proc. 8th Natl. Agr. Plastics Conf. 72-79.

APENDICE

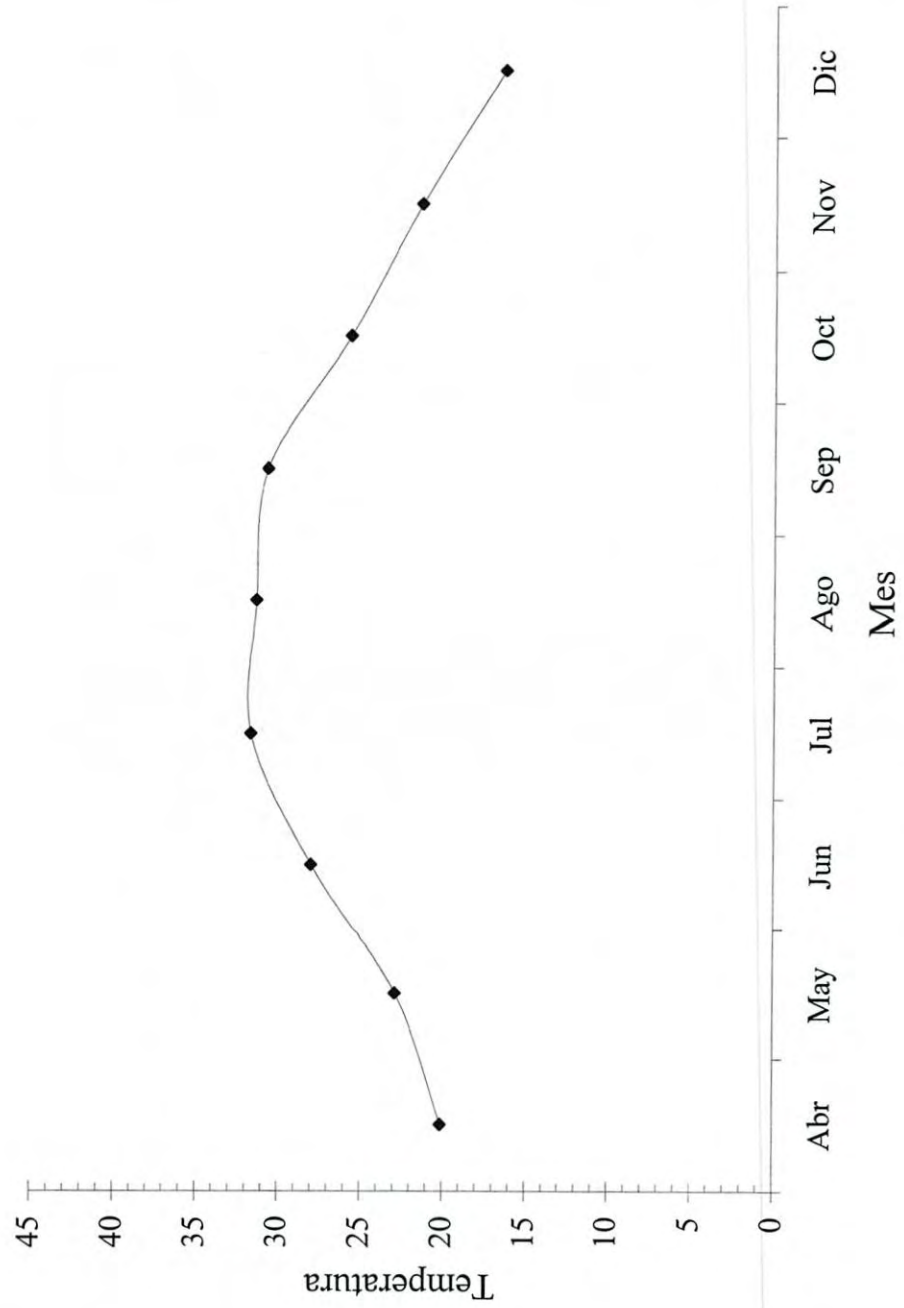


Figura 1. Temperatura media diaria del aire (°C) registrada (1995)

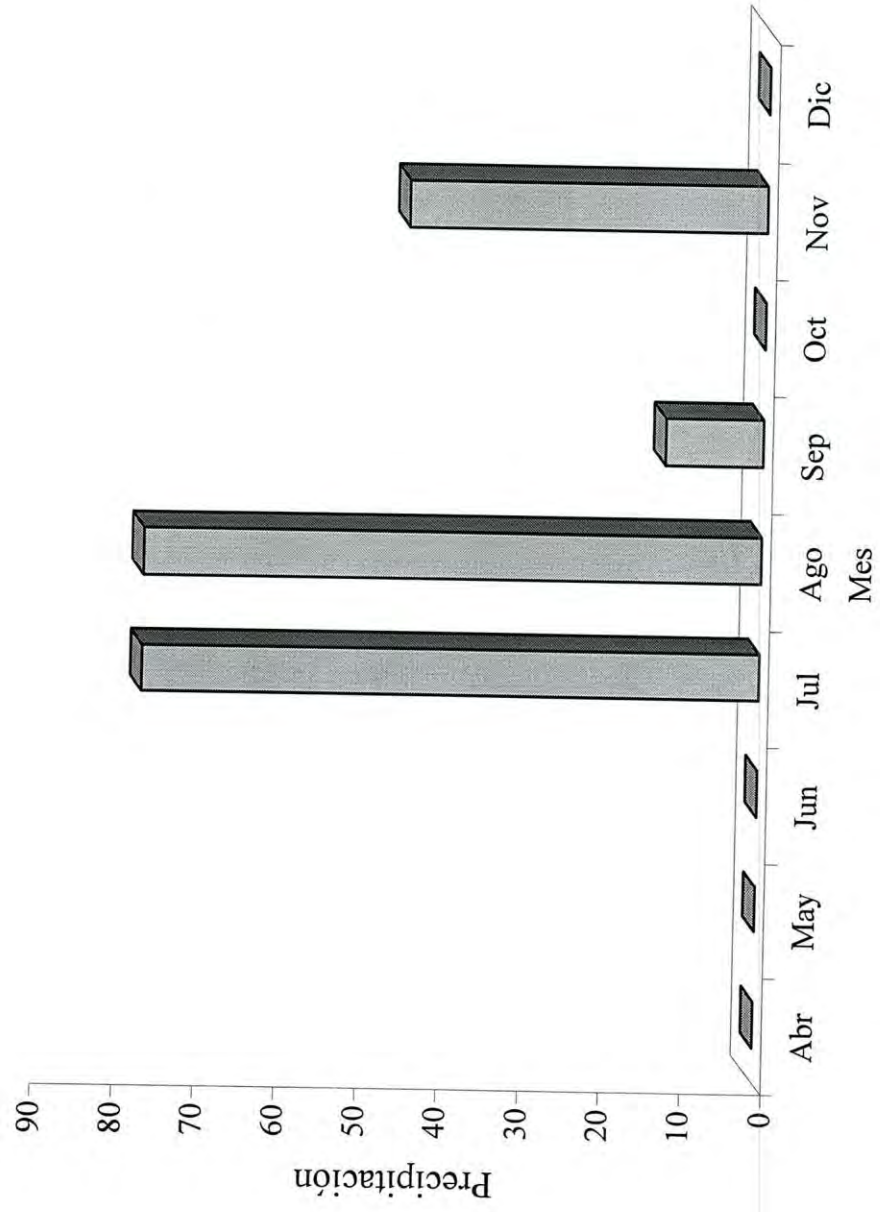


Figura 2. Precipitación (mm) durante el desarrollo del experimento (1995)