

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**Temperatura del perfil superior del suelo bajo diferentes condiciones  
de cobertura plástica**

**POR:**

**FIDEL SALVADOR AVENDAÑO SANCHEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2011**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Temperatura del perfil superior del suelo bajo diferentes coberturas  
plásticas

PRESENTADO POR:

FIDEL SALVADOR AVENDAÑO SANCHEZ

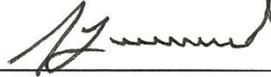
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado

El Presidente del Jurado



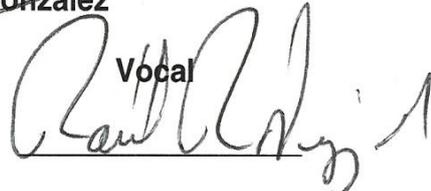
Dr. Alejandro Zermeño González

Vocal



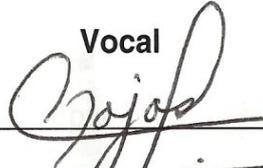
Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho

Vocal



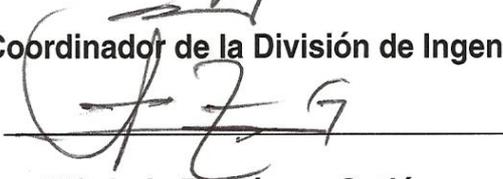
Dr. Raúl Rodríguez García

Vocal



M.C. Carlos Rojas Peña

El Coordinador de la División de Ingeniería



MC. Luis Rodríguez Gutiérrez

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre de 2011

## DEDICATORIA

**A MIS PADRES:** a la Sra. Soledad Sánchez Santiago y Fidel Avendaño Santiago por darme la vida, cariño, comprensión, educación, guiarme apoyarme en todo momento en el trascurso de mi educación, muchas gracias.

**Los quiero mucho y esta meta es para ustedes.**

**A DIOS:** por estar siempre conmigo y guiarme por un buen camino y lograr una meta más.

**A MIS HERMANOS:** Alejandra, Carmen, Santiago, Fernando, Jaime, Marselino Celestino, Cesar Antonio, quienes me han enseñado a estar siempre juntos y no importa las cosas que pudiera pasar siempre debemos de estarlo. Hermanos Gracias.

**A MIS TIAS:** Gloria Avendaño Santiago, Carmen Sánchez Santiago, por darme consejos, apoyarme y darme cariño.

**A MIS SOBRINOS** Iván Vicente, Olga Adilene, Elsa Guillermina, Antonio Viviano, Laura Edith, Carlos Alberto, Marisol Susana, Jesús David, Alex Fernando, Mayra soledad, y Alan Edgardo el pequeñín por hacerme siempre reír.

**A MI ABUELA** Susana y a la **MEMORIA DE MI ABUELO** Benito Avendaño gracias por enseñarme buenos valores y principios, contarme sus experiencia.

**A MI NOVIA** Guadalupe Cruz Bautista por estar siempre conmigo y apoyarme.

## AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas para realizar mis estudios de nivel superior y al **departamento de riego y drenaje** por el resguardo que me brindo en los momentos difíciles, junto con **profesores** por darme sus conocimientos y experiencia. Gracias.

**AL Dr. Alejandro Zermeño González** por haberme apoyado cuando más lo necesitaba, por su paciencia, por el tiempo brindado en asesorías de dicha investigación, le agradezco el hecho de trasmitirme sus conocimientos, tan valiosos, guiarme durante este lapso de mi carrera.

**Al Dr. Javier de Jesús Cortes Bracho**, por ser parte del comité de tesis, por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis, y por las observaciones realizadas del escrito. Por su valiosa participación en los análisis estadísticos e interpretación de resultados referentes a esta investigación.

**AL M.C Carlos Rojas Peña** por ser parte del comité de tesis, por el tiempo dedicado a la revisión y observaciones de esta tesis.

**AL Dr. Raúl Rodríguez García** por ser parte del comité de tesis y por el tiempo dedicado a la misma.

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
INDICE DE CONTENIDO.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS .....	5
ÍNDICE DE CUADROS .....	6
INDICE DE ANEXOS .....	7
RESUMEN .....	8
I. INTRODUCCION.....	9
II. OBJETIVO.....	10
III. HIPÓTESIS .....	10
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	10
Uso del acolchado plástico y riego con cintilla en la producción de cultivos hortícolas.....	10
Tipos de acolchado plástico y sus características.....	12
Efecto del acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo.....	13
Estudios previos relacionados con el efecto del acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo .....	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
1 . Ubicación y características del sitio de estudio .....	15
2 . Materiales y equipos utilizados.....	15
Cultivo utilizado.....	15
Tratamientos evaluados.....	16
3 .Instrumentación y mediciones .....	17
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	19
Periodo parcialmente seco .....	19

Periodo húmedo .....	22
Periodo semi-húmedo .....	25
Periodo seco .....	28
VII. CONCLUSION.....	31
VIII. LITERATURA CITADA .....	32
IX. ANEXOS.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colocación del acolchado plástico manualmente a lo largo de la cama de siembra .....	16
Figura 2. Implemento agrícola para enterrar el plástico subsuperficial a una profundidad de 40 cm bajo la superficie a lo largo de la cama de siembra.....	17
Figura 3. Colocación del thermocouple al centro de una cama de cada tratamiento a 2, 5, 10, 20 cm de profundidad. ....	18
Figura 4. Registrador electrónico de datos “Datalogger” (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), donde se conectaron los Thermocouple para el registro continuo de lecturas.....	18
Figura 5. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (170 a 179) 19 a 28 de junio 2010 en los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas. ....	20
Figura 6. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (183 a 190) 02 a 09 de julio 2010 en los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas. ....	23
Figura 7. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (207 al 224) 28 julio al 12 agosto 2010 en los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas. ....	26
Figura 8. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (224 a 234) 12 a 22 de agosto 2010 en los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas. ....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. ....	20
Cuadro 2. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	21
Cuadro 3. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. ....	23
Cuadro 4. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	24
Cuadro 5. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. ....	26
Cuadro 6. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	27
Cuadro 7. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. ....	29
Cuadro 8. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	30

## INDICE DE ANEXOS

IX. ANEXOS.....	35
Figura 9. Implemento agrícola para enterrar el plástico subsuperficial a una profundidad de 40 cm bajo la superficie a lo largo de la cama de siembra. ....	35
Figura 10 Registrador electrónico de datos “Datalogger” (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), donde se conectaron los Thermocouple para el registro continuo de lecturas .....	35
Figura 11. Instalación de los aparatos, en una garita.....	36
Figura 12. Prueba de continuidad de corriente con el voltímetro en los thermocouple.....	36
Figura 13. Medición de la profundidad para la instalación del Thermocouple	37
Figura 14. Profundidad del Plástico subsuperficial.....	37
Figura 15. Colocación del thermocouple al centro de una cama de cada tratamiento a 2, 5, 10, 20 cm de profundidad.....	38

## RESUMEN

El conocimiento del contenido de agua del suelo y la dinámica de la temperatura es muy importante para optimizar el manejo del cultivo bajo condiciones de acolchado plástico y riego por goteo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la temperatura del perfil superior del suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. 1. Sin cobertura plástica (testigo); 2. Con acolchado plástico; 3. Con una franja de plástico a 0.40 m bajo la superficie; 4. Con acolchado plástico y franja de plástico a 0.40 m bajo la superficie. La temperatura del perfil superior del suelo se determinó con termopares de cobre-constantino que se instalaron a 5 cm bajo la superficie del suelo en cada uno de los cuatro tratamientos. Los resultados de esta investigación mostraron que el tratamiento con acolchado obtuvo la máxima temperatura a 5 cm de profundidad en todos los periodos seguido en la combinación del acolchado y plástico subsuperficial, el testigo y el plástico subsuperficial. La temperatura mínima a la misma profundidad fue muy diferente entre los diferentes tratamientos. La temperatura menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial, seguido por el tratamiento testigo (sin acolchado y sin plástico subsuperficial). Esto se debió a que con el plástico subsuperficial se limitó la percolación profunda del agua, el perfil superior mantuvo un mayor contenido de agua y una menor temperatura.

**Palabras claves:** dinámica de la temperatura, thermocouple, acolchado plástico, plástico subsuperficial.

## I. INTRODUCCION

El conocimiento del contenido de agua del suelo y la dinámica de la temperatura es muy importante para optimizar el manejo del cultivo bajo condiciones de acolchado plástico y riego por goteo. La temperatura del perfil superior del suelo es un factor que tiene influencia en el crecimiento vegetal, así como en las actividades biológicas y fisicoquímicas del suelo. La solubilidad de minerales, la absorción de agua, nutrientes y gases, así como varios procesos de difusión que ocurren dentro de la planta depende de la temperatura del suelo (Ortiz, 1987)

La implementación de métodos de irrigación y el uso de plástico en la agricultura intensiva es cada vez mayor en zonas con limitación de agua. La utilización del acolchado plástico en los cultivos agrícolas, principalmente las hortícolas, tiene como ventaja mejorar la disponibilidad de agua en el perfil radicular de las plantas. El efecto es más marcado en aquellas de enraizamiento superficial y alto requerimiento térmico, como las cucurbitáceas. Otro de los beneficios logrados con las cubiertas plásticas es el incremento de la masa radical y de la absorción de nutrientes (Wien *et al.*, 1993). (Contreras *et al.*, 1992) encontraron una menor temperatura del suelo bajo cubiertas plásticas de menor transparencia que las observadas bajo polietileno transparente. Es importante conocer la temperatura del suelo por su relación con la germinación de las semillas y la emergencia de las plantas (Luo *et al.*, 1992)

El acolchado de suelos es una técnica que permite incrementar la temperatura del suelo (Quezada *et al.*, 1995), debido a la absorción de la

radiación solar por la cubierta plástica y su posterior liberación al suelo como energía de onda larga (Salisbury y Ross, 1994).

## **II. OBJETIVO**

Evaluar el efecto de diferentes combinaciones de cobertura plástica en la temperatura del perfil superior del suelo.

## **III. HIPÓTESIS**

La combinación de acolchado plástico y la capa de plástico enterrada a 40 cm de profundidad, evita el calentamiento excesivo del perfil superior del suelo con relación a solo utilizar acolchado plástico, ya que se reduce la infiltración profunda del agua.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Uso del acolchado plástico y riego con cintilla en la producción de cultivos hortícolas.**

El acolchado plástico es una técnica antigua, muy extendida en la producción hortícola entre cuyos efectos caben destacar el incremento de la temperatura del suelo así como el aumento de la precocidad y producción (Tarara, 2000).

En el riego por goteo se pueden suministrar nutrientes disueltos en el agua, con lo que se permite una distribución uniforme en el tiempo y en el espacio. De esta forma, se puede reducir el uso de fertilizantes, mejorando la calidad del agua drenada (Hartz y Hochmuth, 1996)

Los cultivos manejados de forma intensiva (acolchado plástico, riego por goteo, fertirrigación, invernaderos, etc.) tienen una capacidad de síntesis de biomasa muy importante: en plena producción, estas plantas pueden fabricar el equivalente de su peso fresco cada dos días (la composición de la hoja varía muy lentamente en relación con la velocidad de crecimiento) (Burgueño *et al.*, 1994)

La cobertura plástica produce una reducción significativa de la evaporación del agua en la superficie del suelo, especialmente bajo sistemas de riego por goteo. Asociada con la reducción de la evaporación existe un incremento general de la transpiración del cultivo, debido a la transferencia de calor sensible y radiactivo desde la superficie de la cobertura de plástico hacia las adyacencias de la vegetación (López *et al.*, 2009). Con el acolchado plástico se incrementa el rendimiento y/o se reduce el consumo de agua en la mayoría de los cultivos (Martínez, 1991)

El uso del acolchado plástico se ha obtenido resultados positivos. En hortalizas ha permitido el incremento en la productividad de los cultivos; la finalidad de esto es dar protección contra eventos adversos, ambientales o biológicos, como las temperaturas extremas, pérdida de agua por evaporación del suelo, presencia de maleza, incidencia en plagas y enfermedades (Orozco Santos *et al.*, 1995; Chellemi *et al.*, 1997)

## **Tipos de acolchado plástico y sus características.**

Para elegir un color del filme de polietileno es fundamental considerar la época del año en que se usará, ya que su efecto sobre las plantas será positivo o negativo según las condiciones ambientales.

Es así como Eltez y Tüzel (1994) en tomate, encontraron que el mayor rendimiento total se obtuvo con polietileno negro en primavera y blanco en otoño, siendo superiores al testigo en 25% y 37.5% respectivamente.

Para el acolchado del suelo actualmente se utilizan diferentes tipos de plástico en cuanto a espesor y color, que varía dependiendo de las necesidades del cultivo y la región, cada uno de ellos posee determinadas características que da lugar a efectos diferentes sobre los cultivos, ya que las plantas pueden ser sensibles a la cantidad, calidad y dirección de la luz y usa este como una señal de luz para optimizar su crecimiento y desarrollo en un ambiente determinado además juega un papel muy importante en la fotosíntesis, la luz está involucrada en la regulación natural de cómo y dónde los productos fotosintéticos son usados dentro del desarrollo de la planta (Quail *et al.*, 1995)

Bringhurst y Voth (1990), señalan que el acolchado de polietileno transparente es una de las técnicas más importantes para mejorar la producción invernal de frutillas en California. En diversos ensayos han demostrado que el plástico transparente es de mayor utilidad en inviernos más fríos por su significativo aumento de la temperatura del suelo, lo que se traduce

en precocidad y en mayor rendimiento. Sin embargo, se requiere de un eficiente control de malezas.

### **Efecto del acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo.**

Desde el punto de vista térmico, el acolchado se comporta como un filtro de doble efecto, que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de este durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire, fenómeno que depende, en mayor o menor cuantía, según el color del plástico utilizado y su espesor (Alvarado y Castillo, 1999).

La modificación de la temperatura del suelo por el uso de acolchado plástico de colores, también aumenta el contenido de algunos minerales en hojas y semilla. Con el uso de acolchados plásticos, además de mejorar el manejo y control de malezas, hay un mejoramiento total del sistema de producción (Rangarajan e Ingall, 2001).

El acolchado plástico ocasiona un microclima alrededor del cultivo, ya que modifica la temperatura de la superficie y del perfil superior del suelo, (Lamont, 1993). La temperatura es uniforme, al menos en 20-30 cm de profundidad. Pero existe una disminución de la temperatura hacia los extremos del acolchado, llamada efecto borde dato valioso en aplicaciones de solarización y cultivos anticipados, (Misle y Norero, 2002).

La profundidad a la cual la amplitud térmica del suelo es un 37% de la que ocurre en la superficie, es aquella en que se presenta la profundidad estable. (Campbell, 1985). El efecto térmico ocasionado por el acolchado plástico puede acelerar el desarrollo de las plantas y como consecuencia cosechar anticipadamente, Ibarra y Rodríguez (1991).

### **Estudios previos relacionados con el efecto del acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo**

Con el uso de acolchados plásticos de colores contrastantes, Schmidt y Worthington (1998) encontraron que la acumulación de unidades calor en el Suelo, fue significativamente mayor con el acolchado blanco que con el acolchado negro, lo cual permitió atrasar o adelantar la fecha de producción para lograr una mejor adaptación del cultivo, así como incrementar la producción.

El acolchado plástico incrementa la temperatura del suelo en 5.5 °C en comparación con el suelo desnudo, el cual va influir en la precocidad del cultivo del melón. (Martínez, *et al.*, 2006)

Teasdel y Abdul-Baki, (1997) explican que el mayor número y en general, la mayor producción en las plantas desarrolladas con acolchado plástico se debió a la influencia del efecto térmico en el suelo y las consecuencias que ese fenómeno tiene en la absorción de agua y nutrientes.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.- Ubicación y características del sitio de estudio**

El presente trabajo se realizó de abril a agosto de 2010 en el bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, situado geográficamente a 25° 22' latitud norte, 101° 00' longitud oeste y altura de 1740 msnm.

Las características del sitio de estudio son: suelo no salino, medianamente alcalino, medianamente rico en materia orgánica, medianamente pobre en nitrógeno (N), muy rico en fosforo (P), extremadamente pobre en potasio (K), presenta una textura arcillosa con una densidad bruta de 1.206 g cm<sup>-3</sup>.

### **2.- Materiales y equipos utilizados**

#### **Cultivo utilizado.**

Con el propósito de analizar la temperatura del perfil superior del suelo por efecto del riego, la lluvia y el consumo de agua por las plantas, en las diferentes condiciones de cobertura plástica, se estableció un cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en camas de 80 cm de ancho por 35 m de longitud. Las plantas se establecieron en tresbolillo a una distancia de 40 cm.

Las plantas se regaron con un sistema de riego por goteo superficial, con líneas regantes de 16 mm. El espaciamiento entre emisores fue 30 cm, con un gasto de aplicación de 340 LPH/100 m. Los riegos se aplicaron cada tercer día, con una lámina de riego de 8 mm.

## Tratamientos evaluados

Se establecieron cuatro tratamientos: 1.- testigo (sin acolchado y sin plástico subsuperficial), 2.- con acolchado, 3.- con plástico subsuperficial, y 4.- con acolchado y plástico subsuperficial. El acolchado se realizó con una película de polietileno negro de 25  $\mu\text{m}$  de espesor instalada sobre la cama de cultivo (Figura 1). El plástico subsuperficial se enterró a una profundidad de 40 cm bajo la superficie y a lo largo de la cama de cultivo, utilizando un implemento agrícola diseñado exclusivamente para este propósito (Figura 2) por la empresa Plásticos Treva S.A e C.V. El objetivo de esta técnica es reducir la infiltración y movimiento vertical descendente del agua fuera de la zona radicular del cultivo. Se utilizó un plástico transparente de 1.5 m de ancho y 25  $\mu\text{m}$  de espesor.



Figura 1. Colocación del acolchado plástico manualmente a lo largo de la cama de siembra



Figura 2. Implemento agrícola para enterrar el plástico subsuperficial a una profundidad de 40 cm bajo la superficie del suelo a lo largo de la cama de siembra.

### 3. Instrumentación y mediciones

La temperatura del perfil superior del suelo se determinó colocando un termocouple de cobre-constantino al centro de una cama de cada tratamiento a 5 cm de profundidad, (Figura 3). Los termocouple se conectaron a un registrador electrónico de datos Datalogger (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), que se programó para una frecuencia de lecturas de un segundo y promedios cada media hora (Figura 4). La comparación de la temperatura del perfil superior del suelo a 5, cm de profundidad en los diferentes tratamientos de cobertura plástica, se realizó con la prueba no paramétrica de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ), mediante el software SPSS versión 17.0 ya que las series de tiempo presentan auto correlación serial.



Figura 3. Colocación del thermocouple al centro de una cama de cada tratamiento a 5, cm de profundidad.



Figura 4. Registrador electrónico de datos “Datalogger” (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), donde se conectaron los thermocouples para el registro continuo de lecturas

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Para el análisis de los cambios de la temperatura del perfil superior del suelo en las diferentes condiciones de cobertura plástica, se establecieron cuatro periodos de tiempo de entre 7 y 17 días en función de la condición de humedad del suelo, que influyo en la temperatura de suelo.

### **Periodo parcialmente seco**

En la Figura 5 se muestra la temperatura a 5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de cobertura plástica del día del año 170 al 179 (19 a 28 de junio de 2010). Nótese que se observa poca diferencia en los valores de temperatura máxima en los diferentes tratamientos. Por el contrario, la temperatura mínima a la misma profundidad si fue muy diferente entre los diferentes tratamientos (Figura 5), la temperatura mínima menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial (Cuadro 1), seguido por el tratamiento testigo (sin acolchado y sin plástico subsuperficial) (cuadro 1). Esto se debió a que con el plástico subsuperficial se limitó la percolación profunda del agua, por lo que el perfil superior mantuvo un mayor contenido de agua y una menor temperatura.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indicaron que la media de las poblaciones representadas por la temperatura de los diferentes tratamientos de cobertura plástica fue estadísticamente diferente (Cuadro 2). La temperatura promedio del tratamiento con acolchado fue la mayor, seguida por el

tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial, testigo y la menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial (Cuadro 1)

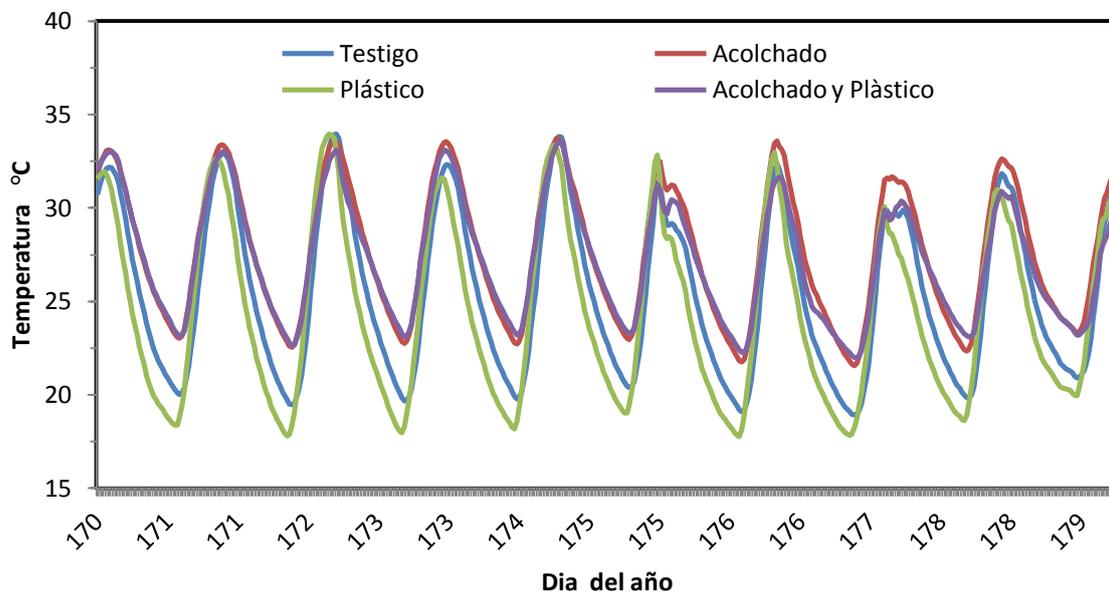


Figura 5. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (170 a 179) 19 a 28 de junio 2010. En los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Acol_5	417	27.605	3.583	21.570	33.740
AP_5	417	27.265	3.202	21.970	33.570
Test_5	417	25.453	4.321	18.920	33.980
Plas_5	417	24.410	4.659	17.770	33.960

Cuadro 2. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

Tratamiento	Valor de W	Valor (P)	Hipótesis
AP vs Acol.	-7.962 <sup>b</sup>	1.69E-15	Ha: ( $\mu_{AP} \neq \mu_{Acol}$ )
Plas vs Test	-11.282 <sup>b</sup>	1.61E-29	Ha: ( $\mu_{Plas} \neq \mu_{Test}$ )
AP vs plas	-16.155 <sup>a</sup>	1.05E-58	Ha: ( $\mu_{AP} \neq \mu_{Plas}$ )
AP vs Test.	-16.477 <sup>a</sup>	5.33E-61	Ha: ( $\mu_{AP} \neq \mu_{Test}$ )
Plas vs Acol	-17.345 <sup>b</sup>	2.16E-67	Ha: ( $\mu_{Plas} \neq \mu_{Acol}$ )
Acol. vs Test	-17.662 <sup>a</sup>	8.17E-70	Ha: ( $\mu_{Acol} \neq \mu_{Test}$ )

## Periodo húmedo

En la Figura 6 se muestra la temperatura a 5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de cobertura plástica del día del año 183 al 190 (2 al 9 de julio de 2010). Nótese que se observa una gran diferencia en la temperatura máxima y mínimas en los diferentes tratamientos. La temperatura del suelo a 5 cm de profundidad fue mayor en el acolchado plástico, que en la combinación de acolchado y plástico subsuperficial, esto se debió a que en la combinación del acolchado plástico y plástico subsuperficial retuvo mayor humedad en el perfil del suelo y por lo tanto menor temperatura del mismo. Por el contrario la temperatura mínima a la misma profundidad se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial y el testigo (sin plástico subsuperficial y sin acolchado) (Figura 6), esto se debió a que con el plástico subsuperficial se limitó la percolación profunda del agua, por lo que el perfil superior mantuvo un mayor contenido de agua y una menor temperatura.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indicaron que la media de las poblaciones representadas por la temperatura de los diferentes tratamientos de cobertura plástica fue estadísticamente diferente (Cuadro 4). La temperatura promedio del tratamiento con acolchado fue la mayor, seguida por el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial, testigo y la menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial (Cuadro 3)

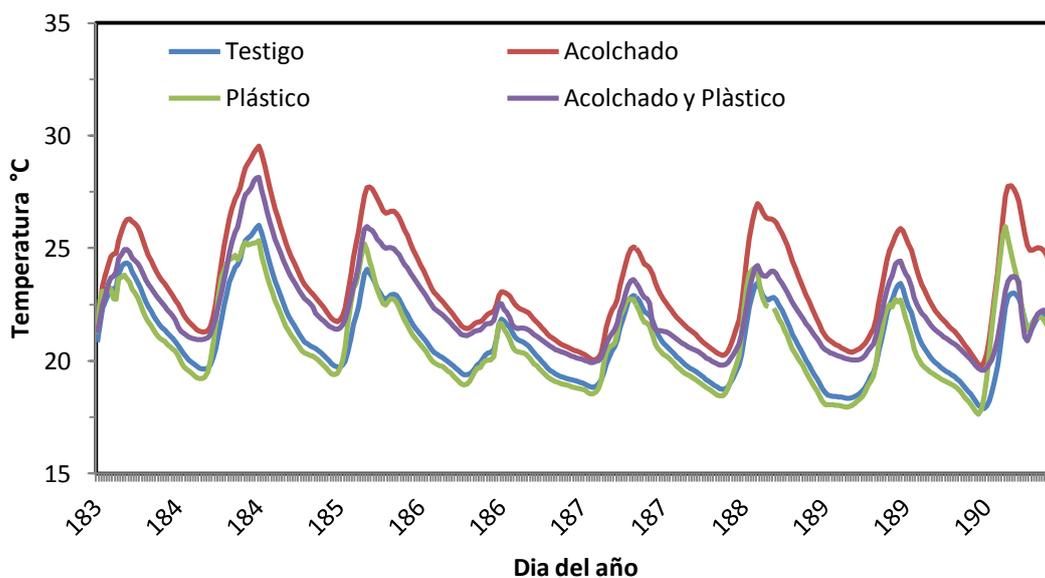


Figura 6. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (183 a 190) 02 a 09 de julio 2010. En los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas.

Cuadro 3. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Acol_5	344	23.404	2.290	19.790	29.520
AP_5	344	22.263	1.808	19.570	28.150
Test_5	344	21.023	1.754	17.880	26.010
Plas_5	343	20.879	1.927	17.640	25.970

Cuadro 4. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica

Tratamiento	Valor W	Valor de P	Hipótesis
Plas. vs Test	-7.813	5.57E-15	Ha: ( $\mu_{\text{Plas}} \neq \mu_{\text{Test}}$ )
AP vs plas	-14.581 <sup>a</sup>	3.73E-48	Ha: ( $\mu_{\text{AP}} \neq \mu_{\text{Plas}}$ )
AP. vs Test.	-16.008 <sup>a</sup>	1.13E-57	Ha: ( $\mu_{\text{AP}} \neq \mu_{\text{Test}}$ )
Plas. vs Acol	-16.048 <sup>b</sup>	5.90E-58	Ha: ( $\mu_{\text{Plas}} \neq \mu_{\text{Acol}}$ )
Acol. vs Test	-16.074a	3.87E-58	Ha: ( $\mu_{\text{Acol}} \neq \mu_{\text{Test}}$ )
AP. vs Acol.	-16.074 <sup>b</sup>	3.87E-58	Ha: ( $\mu_{\text{AP}} \neq \mu_{\text{Acol}}$ )

## Periodo semi-humedo

En la Figura 7 se muestra la temperatura a 5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de cobertura plástica del día del año 209 al 224 (28 de julio a 12 de agosto de 2010). Nótese que se observa una marcada diferencia en los valores de temperatura máxima y mínima en los diferentes tratamientos. La temperatura del suelo a 5 cm de profundidad fue mayor con el acolchado y le sigue la combinación de acolchado y plástico subsuperficial. Sin embargo, la temperatura mínima a la misma profundidad fue muy semejante entre el acolchado y la combinación del acolchado y plástico subsuperficial manteniéndose por arriba del testigo y del plástico subsuperficial. Esto se debió a que ambos se encontraron en condiciones de humedad semejantes y no permitieron una disminución de la temperatura durante este lapso de tiempo (Figura 7).

La temperatura menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial, seguido por el tratamiento testigo (sin acolchado y sin plástico subsuperficial). Esto se debió a que con el plástico subsuperficial se limitó la percolación profunda del agua, el perfil superior mantuvo un mayor contenido de agua y una menor temperatura.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indicaron que la media de las poblaciones representadas por la temperatura de los diferentes tratamientos de cobertura plástica fue estadísticamente diferente (Cuadro 8). La temperatura promedio del tratamiento con acolchado fue la mayor, seguida por el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial, testigo y la menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial (Cuadro 7)

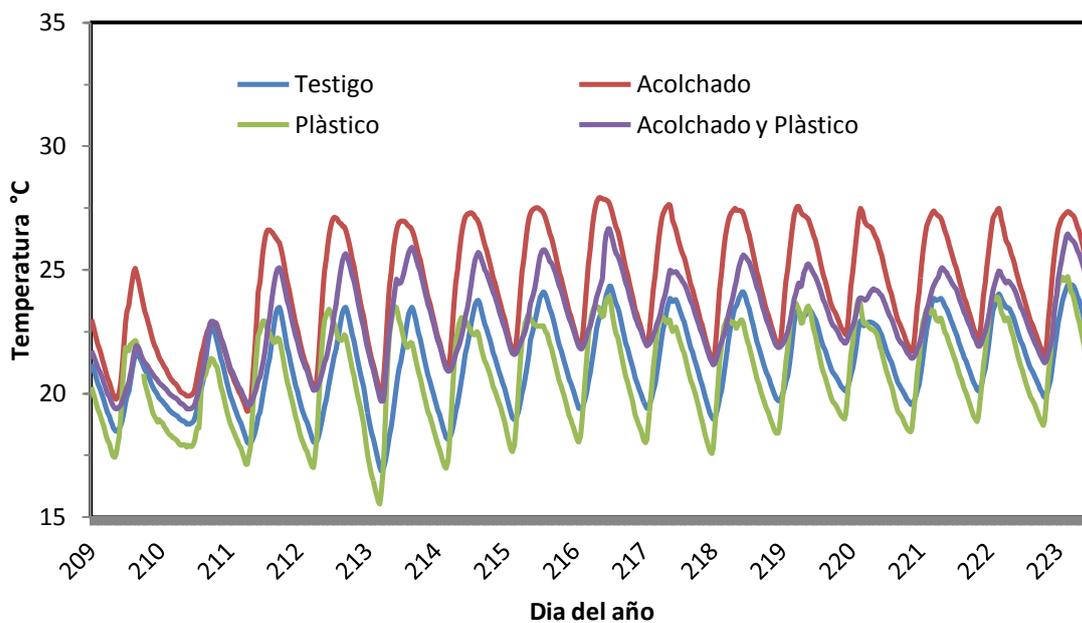


Figura 7. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (209 al 224) 28 julio al 12 agosto 2010. En los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas.

Cuadro 5. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Acol_5	796	24.120	2.309	19.270	27.930
AP_5	796	22.765	1.778	19.370	26.660
Test_5	796	21.145	1.690	16.880	24.410
Plas_5	790	20.724	1.981	15.450	24.720

Cuadro 6. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $\alpha < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

Tratamiento	Valor W	Valor de P	Hipótesis
Acol. vs Test	-24.441 <sup>a</sup>	6.22E-132	Ha: ( $\mu_{\text{Acol}} \neq \mu_{\text{Test}}$ )
AP vs Test.	-24.441 <sup>a</sup>	6.21E-132	Ha: ( $\mu_{\text{AP}} \neq \mu_{\text{Test}}$ )
Plas vs Acol	-24.349 <sup>b</sup>	5.92E-131	Ha: ( $\mu_{\text{plas}} \neq \mu_{\text{Acol}}$ )
AP vs Acol.	-24.228 <sup>b</sup>	1.13E-129	Ha: ( $\mu_{\text{AP}} \neq \mu_{\text{Acol}}$ )
AP vs plas	-22.649 <sup>a</sup>	1.43E-113	Ha: ( $\mu_{\text{AP}} \neq \mu_{\text{Plas}}$ )
Plas vs Test	-10.450 <sup>b</sup>	1.47E-25	Ha: ( $\mu_{\text{Plas}} \neq \mu_{\text{Test}}$ )

## **Periodo seco**

En la Figura 8 se muestra la temperatura a 5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de cobertura plástica del día del año 224 al 234 (12 a 22 de agosto de 2010). Nótese que se observa alta diferencia en los valores de temperatura máxima y mínima entre los diferentes tratamientos, se observa que la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad fue mayor con el acolchado y le sigue el tratamiento con la combinación del acolchado y plástico subsuperficial, la temperatura menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial, seguido por el tratamiento testigo (sin acolchado y sin plástico subsuperficial). Esto se debió a que con el plástico subsuperficial se limitó la percolación profunda del agua, el perfil superior mantuvo un mayor contenido de agua y una menor temperatura.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indicaron que la media de las poblaciones representadas por la temperatura de los diferentes tratamientos de cobertura plástica fue estadísticamente diferente (Cuadro 8). La temperatura promedio del tratamiento con acolchado fue la mayor, seguida por el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial, testigo y la menor se observó en el tratamiento con plástico subsuperficial (Cuadro 7)

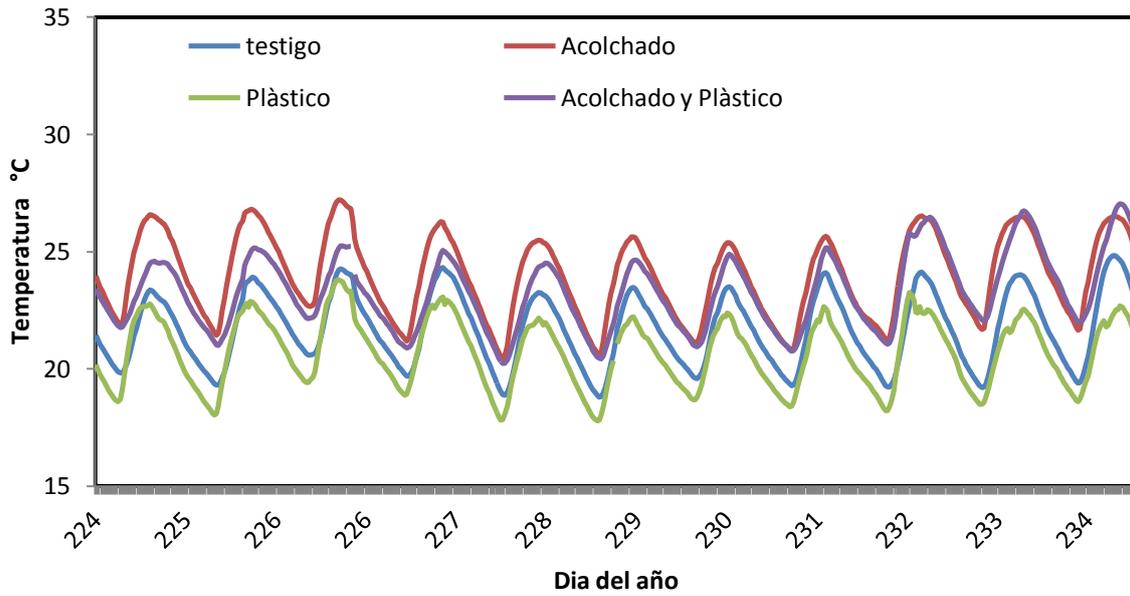


Figura 8. Temperatura del perfil superior del suelo observado durante el periodo (224 a 234) 12 a 22 de agosto 2010. En los tratamientos bajo diferentes coberturas plásticas.

Cuadro 7. Estadística descriptiva de la temperatura del perfil superior del suelo, bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Acol_5	784	23.634	2.164	18.470	30.670
AP_5	783	23.199	2.306	18.440	31.630
Test_5	749	21.571	2.058	16.190	28.040
Plas_5	783	20.488	1.798	16.460	28.020

Cuadro 8. Valor de la prueba de Wilcoxon ( $P < 0.05$ ) para la comparación de la media poblacional de la temperatura de los tratamientos bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

Tratamiento	Valor W	Valor de P	Hipótesis
AP vs Acol.	-13.738 <sup>b</sup>	6.03E-43	Ha: ( $\mu_{AP} \neq \mu_{Acol}$ )
Plas vs Test	-22.474 <sup>b</sup>	7.41E-112	Ha: ( $\mu_{Plas.} \neq \mu_{Test}$ )
AP vs Test.	-23.357 <sup>a</sup>	1.17E-120	Ha: ( $\mu_{AP} \neq \mu_{Test}$ )
Acol. vs Test	-23.525 <sup>a</sup>	2.24E-122	Ha: ( $\mu_{Acol} \neq \mu_{Test}$ )
AP vs plas	-24.218 <sup>a</sup>	1.43E-129	Ha: ( $\mu_{AP} \neq \mu_{Plas}$ )
Plas vs Acol	-24.241 <sup>b</sup>	8.21E-130	Ha: ( $\mu_{Plas.} \neq \mu_{Acol}$ )

## VII. CONCLUSIONES

Estadísticamente se observó que en el tratamiento con acolchado plástico se registraron las máximas temperaturas a 5 cm de profundidad en los diferentes periodos de tiempo, mientras que con la combinación de plástico subsuperficial y acolchado plástico la temperatura siempre se mantuvo por debajo del acolchado plástico.

En el tratamiento plástico subsuperficial siempre se observaron los valores menores de temperatura mínima del suelo a 5 cm de profundidad. Esto se debió a que con el plástico subsuperficial se limitó la percolación profunda del agua, por lo que el perfil superior del suelo mantuvo un mayor contenido de agua y una menor temperatura.

Con base a los resultados obtenidos, se recomienda el uso de la combinación de acolchado plástico con plástico subsuperficial, para evitar la percolación profunda del agua aplicada en los riegos, y mantener un menor rango de fluctuaciones de temperatura (diferencia entre la temperatura máxima y mínima) en el perfil superior del suelo, para un mejor desarrollo del sistema radicular de las plantas.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Agrofaz: 2006 publicación semestral de investigación científica, ISSN 1665-8892, Vol. 6, Nº. 3, 349-358.
- Alvarado, P. y Castillo, H. 1999. Acolchado de suelo mediante films de polietileno. Revista "Agroeconómico" de la Fundación Chile. 50: 47 – 52.
- Burgueño, H.; F. Uribe y M. Valenzuela 1994. La Fertigación en Cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico. 3ed. Impre-Jal. Jalisco, México. 46 Pág.
- Campbell, G.S. 1985. Soil physics with BASIC. Transport models for soil - plant systems. Elsevier Science Publishing Company, New York, USA. 150 p
- Chellemi D. O, S M Olson, D J Mitchel, I Secker, R McSorley (1997) Adaptation of soil solarization to the integrated management of soilborne pests of tomato under humid conditions. *Phytopathology* 87:250-258.
- Contreras, A., P. Acevedo, L. Pastor, y C. Eyzaguirre. 1992. Variaciones térmicas de suelo cubierto por acolchado (mulch) de polietileno. *Agricultura Técnica (Chile)* 52:456-461.
- Converse, R. 1981. The israelí strawberry industry. *Hortscience* 16 (1): 19-22.
- Eltez, R. y Tüzel, Y. 1994. Efecto de diferentes materiales utilizados en acolchamiento de suelo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos de tomate bajo invernadero. *Plasticulture* Nº 103: 23 -25.
- Gladys F. Santacruz; 1993. Compendio de Agronomía. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 656 p.
- Hartz, T.K y G.J. Hochmuth. 1996. Fertility management of drip irrigated <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/610/61030410/61030410.html>
- Ibarra, J. L. y A. Rodríguez. 1991. Validación del acolchado plástico en tomate, pepino, sandía y algodónero en el noreste de México. *Terra*. 9: 150 -156.
- Inzunza Ibarra, m a; Mendoza Moreno, S F; Catalán Valencia, E A; Villa Castorena, M. M; Sánchez Cohen, I y Román López. 2007.

- Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Revista Fitotecnia Mexicana* [en línea], vol. 30 [citado 2011-01-27]. Disponible en Internet.
- Lamont, JR., W. J. 1993. Plastic mulches for production of vegetable crops *Hort. Technology* 3:35-39
- López-L R, Arteaga-R, M. A. Vázquez-P, I. L. López-C y I. Sánchez-C. 2009, Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de Riego y acolchado plástico. *Rev. Chapingo Ser. Hortic* [online]. vol.15, n.1 [citado 2011-04-04], pp. 83-89. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2009000100012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000100012&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1027-152X.
- Luo, Y., R.S. Loomis, and T.C. Hsiao. 1992. Simulation of soil temperature in crops. *Agric. For. Meteorol.* 61:23-38; 1
- Martínez, R. 1991. Riego localizado: diseño y evaluación. Depto. de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 161 p.
- Misle E. A. y Aldo Norero Sch. 2002, comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas ii. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades *Agricultura Técnica (Chile)*, 62(1): 133-142.
- Olimpia G.; Casanova A.; Laterrot H.; Anaïs G. 2000. Mejora genética y manejo del Cultivo del Tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana. 159p.
- Orozco Santos M, O Pérez Zamora, O López Arriaga (1995). Floating row cover and transparent mulch to reduce insect populations, virus diseases and increase yield in cantaloupe. *Florida Entomol* 78:493-501
- Ortiz S., C. A. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa. Tercera edición. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 326 p.
- Quail, P. H., M. T Boylan, B.M Parks, T. W. Short, Y Xu, D. Wagner,. 1995 *Phytocromes: Photosensory perception and signal transduction*, *Science*. 267: 675-680.

- Quezada M R, J P Munguía, C Linares (1995) Acolchado plástico y disponibilidad de nutrimentos del suelo en el cultivo de pepino. *Terra* 13:136-146.
- Rangarajan A, B Ingall (2001) Mulch color affects radicchio quality and yield. *HortScience* 36:1240-1243.
- Salisbury F B, C W Ross (1994) *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F. pp: 487-514.
- Schmidt J. R., J. W Worthington (1998) Modifying heat unit accumulation with contrasting colours of polyethylene mulch. *HortScience* 33:210-214.
- Tarara, J. M., 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*, 35: 169-180.
- Tarara, J.M. y J.M. Ham. 1999. Measuring sensible heat flux in plastic mulch culture with aerodynamic conductance sensors. *Agricultural and Forest Meteorology* 95: 1-13.
- Teasdale J. R and A. A. Abdul Baki. 1997. Growth analysis of tomatoes in black polyethylene and hairy vetch production systems. *Hortscience* 32:659-663 vegetables. *HortTechnology* 6: 168-172.
- Wien, H.C., P.L. Minotti, and V.P. Grubinger. 1993. Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118:207-211.

## IX. ANEXOS



Figura 9. Implemento agrícola para enterrar el plástico subsuperficial a una profundidad de 40 cm bajo la superficie a lo largo de la cama de siembra.



Figura 10. Registrador electrónico de datos "Datalogger" (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), donde se conectaron los Thermocouple para el registro continuo de lecturas.



Figura 11. Instalación de los aparatos en una garita.



Figura 12. Prueba de continuidad de corriente con el voltímetro en los thermocouple.



Figura 13. Medición de la profundidad para la instalación del Thermocouple



Figura 14. Profundidad del Plástico subsuperficial.



Figura 15. Colocación del thermocouple al centro de una cama de cada tratamiento a 2, 5, 10, 20 cm de profundidad.