

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Modificación de la Radiación Neta (R_n), Flujo de Calor en el Suelo (G) con Acolchado Blanco en el Cultivo de Chile Anaheim (*capsicum Annum Var TMR-23*)

Por:

Wiliam Yovani Trigueros Vázquez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**Ingeniero Agrónomo en Irrigación
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

Junio de 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**Modificación de la radiación neta (Rn), flujo de calor en el suelo (G), con
acolchado blanco en el cultivo de Chile Anaheim (*capsicum Annum Var
TMR-23*)**

TESIS

Realizado Por:

William yovani Trigueros Vázquez

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Aprobada:

MC. Luís E. Ramírez Ramos
Asesor Principal

Dr. Juan P. Munguía López
Asesor

Dr. Alejandro Zermeño González
Asesor

Ing. Felipe Castillo Hernández
Asesor

Dr. Javier de Jesús Cortes Bracho
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2006

DEDICATORIA

A DIOS

Le doy gracias a Dios por permitirme conocer una porción de la maravillosa creación, por haberme permitido culminar satisfactoriamente mi estudio, por todas las bendiciones que me ha dado durante todos los días de mi vida, por darme la dicha y la felicidad de vivir y gozar de todas las maravillas de su obra, por darme fuerzas para salir adelante y superar mis contratiempos, por darme la fortuna de tener unos padres maravillosos y una gran familia.

A MIS PADRES:

Filadelfo Trigueros Vázquez

Eduvilia Vázquez Morales

A quienes les debo la vida, quienes depositaron en mí su confianza, su fe y todas sus esperanzas, lograron que no desistiera en mi camino; quienes no escatimaron esfuerzos para lograr mi formación, dándome todo a cambio de nada; además sus sabios consejos, valores y principios inculcados en mí, para andar el camino más indicado, por enseñarme que jamás es tarde para realizar los sueños anhelados, quienes depositaron en mí una buena semilla, de la cual tarde o temprano verán crecer nuevos frutos, y han logrado con buena perseverancia darme la herencia más valiosa que un padre puede ofrecer a sus hijos “una profesión” para ellos con mi más grande amor, admiración y respeto
DIOS LOS BENDIGA.

A mis hermanas (os) del alma: Elma, Mayeli, Yolanda, Marisol, Lemni, Fidelina y Heyman Iván trigueros Vázquez.

Por que fueron parte importante en mi formación como profesional, en ellos nunca faltaron palabras y gestos de ánimo, motivación y esfuerzo con tal de verme lograr esta meta, apoyándome siempre en los momentos más críticos de mi vida. Para todos y cada uno de ellos con mucho cariño, amor y respeto.

A mis abuelos: Encarnación (+), Antonia (+), Eusebio (+) y **Julia** por sus consejos que me brindo incondicionalmente que fueron muy gratos para mi.

A mis tíos y tías por todo el apoyo que me brindaron y su confianza que me tienen, pero que siempre hemos sido una familia unida en todos los momentos.

A mis primos y primas por su apoyo que me han brindado, especialmente a magnover y orlando por la confianza que existió entre nosotros, por los momentos malos y buenos que pasamos sabiéndolo superar.

A mis compañeros y amigos de la generación, por todos los momentos que convivimos.

A mis amigos más cercanos: Sergio, Maynor, Carlos, Luis, Juan. En especial a Rodomiro Reyes por su apoyo incondicional que me ha brindo.

AGRADECIMIENTO.

A MI ALMA MATER, por recibirme en su seno y cobijarme durante mi carrera, por darme la oportunidad de cultivar mis conocimientos y ser un sueño tan anhelado.

Al Dr. Juan P. Munguía López, por brindarme desinteresadamente gran parte de su valioso tiempo en el asesoramiento, supervisión y desarrollo del presente trabajo; así como su amistad incondicional que siempre me ha demostrado, reconociendo su capacidad profesional en el tema y reiterándole mis más sinceros agradecimientos.

Al Dr. Zermeño Gonzáles Alejandro; por la revisión de este trabajo, por la valiosa participación como miembro del jurado.

Al M.C Luis Edmundo Ramírez Ramos por la revisión de este trabajo, por su valiosa participación como miembro del jurado.

Al Ing. Felipe Castillo Hernández por su valiosa participación como miembro del jurado y por la revisión de este trabajo.

Quienes hicieron posible la realización de este trabajo y a quienes les voy a estar siempre agradecido.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por permitir la realización de este trabajo de investigación en el departamento de Agroplásticos bajo la asesoría del Dr. Juan P. Munguía L.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del fondo sectorial y de investigación en materia agrícola, pecuaria, acuacultura, agro biotecnología y recursos filogenéticos, a través del proyecto titulado: Modelo en base de los componentes del balance de energía para medir el consumo de agua en los cultivos de tomate, chile y papa, con numero de registro 133 de la convocatoria de SAGARPA 2003-002, por el apoyo recibido.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE CUADROS	xii
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo	4
1.2. Hipótesis	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades del Chile	5
2.1.1. Importancia del Chile en México	5
2.1.2. Clasificación Botánica	7
2.1.3 Características Botánicas	8
2.1.4. Requerimientos Edafoclimaticos	8
2.1.4.1 Temperaturas de Germinación	8

2.1.4.2	Temperatura de Desarrollo Vegetativo	9
2.1.4.3	Temperaturas de Floración	9
2.1.4.3	Suelos	9
2.1.5.	Requerimientos Hídricos	10
2.2.	Sistema de Riego por Goteo	10
2.2.1.	Ventajas del Sistema de Riego por Goteo	11
2.2.2.	Desventajas del Sistema de Riego por Goteo	13
2.3.	Generalidades Sobre Acolchado de Suelos	13
2.3.1.	Propiedades Ópticas de los Acolchados	13
2.3.2.	Ventajas del Acolchado	16
2.3.3.	Desventajas del Acolchado	18
2.3.4.	Película Negra	18
2.3.5.	Película Blanca	19
2.4.	Generalidades de Radiación Neta	20
2.4.1	Radiación Neta	20
2.4.2.	Importancia de la Radiación Neta	23
2.4.3.	Importancia de la Radiación Neta en la Evapotranspiración	24
2.4.4.	Flujo de Calor en el Suelo	25
2.4.5.	Temperatura del Suelo	29
2.4.6.	Temperatura del Aire	32
2.4.6.	Calculo de la Radiación Neta	34
III.	MATERIALES Y METODOS	36
3.1.	Localización Geográfica del Sitio Experimental .	
36		
3.1.1.	Clima	36
3.1.2.	Suelo	37
3.2.	Establecimiento del Experimento	37
3.2.1.	Producción de Plántula	37
3.2.2.	Preparación del Terreno	38
3.2.3.	Trazo del Área del Experimento	38

3.2.4. Instalación del Sistema de Riego	38
3.2.5. Acolchado de Camas	39
3.2.6. Riego de Transplante	40
3.2.7. Transplante	40
3.2.8. Fertilización	40
3.2.9. Manejo del Cultivo	40
3.3. Parámetros de Observación	41
3.3.1. Radiación Neta	41
3.3.2. Temperatura del Suelo	42
3.3.3. Temperatura del Aire	42
3.3.4. Flujo de Calor en el Suelo	42
3.3.5. Velocidad y Dirección del Viento	43
3.3.6. Contenido de Humedad del Suelo	43
3.3.7. Índice de Área Foliar	43
3.3.8. Peso de Materia Seca	44
3.3.9. Rendimiento Total	44
3.3.10. Altura y Diámetro de Tallos	45
3.3.11. Lectura de Tensiometros	45
3.3.12. Evapotranspiracion	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	46
4.1. Radiación Neta	46
4.4.8. Relación de Evapotranspiracion Vs Radiación Neta	51
4.2. Flujo de Calor en el Suelo	51
4.3. Temperatura del Suelo	56
4.4. Temperatura del Aire	61
4.5. Diferencia de Temperatura de Aire a 10 y 20 cm de Altura	65
4.6. Contenido de Humedad (%)	69
4.7. Lamina Aplicada	70
4.9. Lectura de Tensiometros	71
4.11. Índice de Área Foliar	73
4.12. Materia Seca Acumulada Total de Tallo, Hoja, Fruto	74

4.13. Rendimiento Acumulado Total de Chiles de Buena calidad ...	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
V. LITERATURA CITADA	78

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1 Radiación neta para un cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de floración.	47
Figura 4.2 Radiación neta para un cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de amarre de frutos.	48
Figura 4.3 Radiación neta para un cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de llenado de frutos.	49
Figura 4.4 Radiación neta para un cultivo de Chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de cosecha.	50
Figura 4.5 Relación de la evapotranspiracion y los MJ/día de la radiación neta acumulada.	51
Figura 4.6 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de floración.	52
Figura 4.7 Comportamiento de flujo de calor en suelo y acolchado con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de amarre de frutos.	53
Figura 4.8 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de llenado de frutos.	54
Figura 4.9 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco	

	medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de cosecha.	55
Figura 4.10	Comportamiento de temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de floración.	57
Figura 4.11	Comportamiento de temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos.	58
Figura 4.12	Comportamiento de temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de llenado de frutos.	59
Figura 4.13	Comportamiento de temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de cosecha.	60
Figura 4.14	Comportamiento de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de floración.	62
Figura 4.15	Comportamiento de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de amarre de frutos.	63
Figura 4.16	Comportamiento de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de llenado de frutos.	64

Figura 4.17	Comportamiento de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de cosecha.	65
figura 4.18	Diferencia de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenologica de floración.	66
figura 4.19	Diferencia de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenologica de amarre de frutos.	67
figura 4.20	Diferencia de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenologica de llenado de frutos.	67
figura 4.21	Diferencia de temperatura del aire medida a 20 y 10 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenologica de cosecha.	68
Figura 4.22	Comportamiento del contenido de humedad en la parte acolchada y en la parte del pasillo medida a una profundidad de 0-30 cm en el cultivo de chile anaheim con acolchado blanco que corresponde a las etapas fenológicas de a)floración, b)amarre de frutos c) Llenado de frutos c) cosecha.	70
Figura 4.23	Lámina de agua aplicada en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco.	71
Figura 4.24	Comportamiento de lectura de tensiometro instalado a 30 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco.	72

Figura 4.25	Comportamiento de lectura de tensiometro instalado a 45 cm de profundidad en cultivo de chile anaheim con acolchado blanco.	72
Figura 4.26	Comportamiento de índice de área foliar en el ciclo de cultivo de chile anaheim con acolchado blanco.	73
Figura 4.27	Comportamiento de materia seca total acumulada de tallo hoja, y fruto en el cultivo de chile anaheim con acolchado blanco.	74
Figura 4.28	Comportamiento de rendimiento total acumulado de chiles buenos en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco.	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.	
Cuadro 2.1	Principales países productores de chiles frescos a escala mundial en miles de toneladas.	6

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano de 2005, en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila; cuyas coordenadas geográficas son: 25° 27' de latitud Norte, 101° 02' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a una altura de 1610 msnm. Con el objetivo de evaluar la modificación de la radiación neta, flujo de calor en el suelo, temperatura del aire, temperatura del suelo, con acolchado plástico blanco en el cultivo de chile anaheim TMR – 23.

Con el uso de acolchado plástico en los cultivos de hortalizas afecta principalmente el microclima del campo al modificar la cantidad de radiación de la superficie y eliminar la evaporación del agua del suelo; esto afecta la temperatura y la humedad en la zona radicular lo cual influencia en el crecimiento de la planta.

Se realizaron y se analizaron las siguientes mediciones para saber el comportamiento de radiación neta (wm^{-2}), flujo de calor en la parte del pasillo entre las camas (wm^{-2}) y en la parte acolchada, temperatura del suelo ($^{\circ}\text{C}$) en la parte acolchada y en la parte del pasillo entre las camas, temperatura del aire y se calculo la diferencia de temperatura del aire a alturas de 20 y 10 cm ($^{\circ}\text{C}$) en la parte acolchada y en la parte del pasillo entre las camas, contenido de humedad (%) en la parte acolchada y en la parte del pasillo entre las camas, el riego se realizaba diariamente 2 hrs con una lamina de 8.4 mm, lectura de tensiometro a 30 y 45 cm de profundidad (KPa) se realizaba mediciones a cada 2 días

Las mediciones agronómicas que se realizaron fueron altura, diámetro de tallo en (cm), Índice de área foliar, Rendimiento acumulado de chiles buenos ton /ha, Materia seca acumulada de tallo, hoja, y fruto (gr) se realizaba en un rango de 15 días para cada muestreo.

De los resultados obtenidos, las características de la película de polietileno de color blanco utilizada, afectaron la radiación neta, incrementándose sobre el cultivo de chile. El flujo de calor promedio del ciclo agrícola fue mayor en la parte del pasillo entre las camas un 10 % más que en la parte acolchada, la temperatura del suelo fue mayor en la sección acolchada

al inicio de la etapa de floración del cultivo por no tener su desarrollo máximo, sin embargo después en las otras etapas fenológicas fue mayor en la parte del pasillo entre las camas un 5 % mas. La temperatura del aire fue mayor en la sección acolchada un 12 % mas que en al parte del pasillo entre las camas y fue mayor a la altura de 10 cm en la sección acolchada y a la altura de 20 cm en la parte del pasillo, el contenido de humedad fue mayor en la sección acolchada un 19 % más que en la parte del pasillo entre las camas, la lámina de agua consumida en el ciclo del cultivo fue de 700 mm, obteniendo un rendimiento total acumulado de 24 ton / ha.

I. INTRODUCCION

La agricultura es el sector económico que demanda mas agua en el país, con mas del 75% del total de agua disponible, que aproximadamente son 75 kilómetros cúbicos por año, sin embargo los sistemas de riego en México, son insuficientes y escasos ya que solamente el 6% de las tierras cultivables en México, cuenta con sistemas de riego tecnificado, debido al alto costo de la tecnología que puede oscilar entre 10 y 15 mil pesos por hectárea.

La mayoría de dichos sistemas de riego funcionan de manera ineficiente lo cual es un problema que lleva a la escasez del liquido, por lo que pierden aproximadamente el 60% del agua que utilizan, la cual se evapora, vuelve al cauce de los ríos o a los acuíferos subterráneos; por lo que es urgente la implementación de técnicas que hagan un uso eficiente del agua que se utiliza.

El acolchado de suelos es una técnica de aplicación de plásticos en la agricultura, estos vinieron a subsistir procedimientos más antiguos como el empajado. Esta técnica es practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de proteger los cultivos y los suelos de la acción

de los agentes atmosféricos. Actualmente se utiliza el acolchado de suelos con películas plásticas en una gran diversidad de cultivos hortícolas, así como en cultivos ornamentales y algunos frutales.

En México la región que utiliza la mayor área de acolchado de suelos es el Pacífico Norte, con cultivos hortícolas, donde sobresalen el tomate, el melón, los chiles y los pepinos; en esta región se estima una superficie de 15,000 a 20,000 hectáreas, seguido por la región del bajío en los estados de Guanajuato,

Jalisco, Michoacán, Colima y Morelos. La superficie total de acolchado en México se estima en 50,000 a 60,000 hectáreas, principalmente en los cultivos hortícolas. Los beneficios más importantes del acolchado son: incremento de un 20 a 100 % en los rendimientos, dependiendo del cultivo y la región, ahorro de agua entre un 30 a 70 %, control total de malezas en la parte acolchada y precocidad de hasta 15 días a inicio de cosecha, entre otros. (Quezada, 2005)

Actualmente se utiliza diferentes tipos de plásticos para acolchado del suelo, en cuanto a espesor y cada uno de ellos posee determinadas características que dan lugar a efectos diferentes sobre los cultivos (Gómez, 1994). Dependiendo de las propiedades del acolchado (reflexión, transmisión y absorción), será el grado de influencia sobre la temperatura del suelo y el microclima del follaje del cultivo, así como el desarrollo de malas hierbas, precocidad y rendimiento (Ramírez, 1996).

La modificación de la temperatura del suelo está en función del tipo de acolchado que se utilice. Durante el día, el plástico transmite al suelo los Wm^{-2} recibidas del sol, mientras que por la noche detiene en cierto grado, el paso de las radiaciones del flujo de calor del suelo hacia la atmósfera. Para que el efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo sea relevante se necesitan superficies acolchadas suficientemente amplias, por lo que la anchura mínima del acolchado no debe de ser menor de un metro. (Robledo y Martín, 1988)

Las radiaciones visibles y las del infrarrojo corto son las principales responsables del crecimiento de la planta del calentamiento que ocurre a su alrededor así como en el suelo. Dentro de las acciones fisiológicas de las diferentes longitudes de onda de la porción visible del espectro electromagnético sobre las plantas se encuentra dos máximos de respuestas fotosintéticas para las longitudes de onda de 0.440 y 0.680 micrómetros (μm), que corresponden al azul violeta y al rojo naranja. La radiación azul es la que absorbe más fácilmente los carotenos, mientras que la roja es más efectiva para la fotosíntesis, por lo que en la fase de crecimiento vegetativo

de hojas y tallos es fundamental la radiación azul, mientras que para la fase de crecimiento generativo, desarrollo de flores y frutos, es la roja (Adrados et al. 1983).

La importancia de la radiación neta (R_n) es que es la cantidad fundamental de energía disponible en la superficie de la tierra para conducir los procesos de la evaporación, calentamiento del aire y del suelo, así como otros, procesos consumidores de energía tales como fotosíntesis.

La proporción de la radiación neta que es utilizada para almacenaje de calor en el suelo depende de la estructura del suelo y de su contenido de humedad. Debido al elevado calor específico del agua, los suelos húmedos son capaces de almacenar grandes cantidades de energía con incrementos relativamente bajos en la temperatura (Hillel, 1980). En estos casos, considerando que el flujo de calor dentro del suelo es impulsado por gradientes de temperatura, el movimiento de calor hacia capas profundas del suelo es limitado.

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de raíces son en general algo inferiores a aquellas para crecimiento de los órganos aéreos de las plantas. Dependiendo de la especie, ellas varían entre 20 y 25 °C (Bowen, 1991).

El flujo de calor en la superficie del suelo constituye un componente importante del balance de energía, y su determinación se puede realizar de varias formas. La teoría relativa al medidor de flujo calórico en el suelo es descrita por (Philip, 1961), el medidor de flujo es un disco plano que se coloca a una profundidad de 8 cm de profundidad, normal a la dirección del flujo.

En el período de 21 años, (1981 a 2001) la superficie sembrada con chiles en México mostró una tasa media de crecimiento anual de 4%. En los últimos 5 años de ese periodo, la superficie sembrada con chiles osciló en un rango de 150,000 a 160, 000 hectáreas. Las siembras se

concentran en el ciclo Primavera-Verano con 73% del total anual. (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 2003).

Por otra parte, son cinco los estados donde se concentra la mayor parte de la superficie sembrada con chilares; Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, San Luís Potosí y Durango, los cuales conjuntan el 73% de la superficie sembrada. El programa agrícola 2003 de la SAGARPA reporta siembras en 151 314 has. Y una cosecha estimada de 2 080 568 toneladas. (FIRA 2003)

1.1. Objetivo

Evaluar el comportamiento de la radiación neta (R_n), el flujo de calor en el suelo (G), temperatura del aire (T_a) y su relación con el desarrollo del cultivo de chile anaheim (*Capsicum Annuum L.*) Var. TMR 23 bajo condiciones de acolchado plástico blanco.

1.2. Hipótesis

- El flujo de calor en el suelo (G), es igual en la cama acolchada de color blanco en el cultivo de chile y en la parte del pasillo.
- La temperatura del aire (T_a), es igual en la cama acolchada de color blanco en el cultivo de chile y en la parte del pasillo.
- La temperatura del suelo (T_s), es igual en la cama acolchada de color blanco en el cultivo de chile y en la parte del pasillo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del Chile

2.1.1. Importancia del Chile en México

El cultivo de chile en el estado de Sinaloa ocupa por lo menos el 10% y es el líder de las exportaciones aunque también Chihuahua, Zacatecas, Sonora, Guanajuato, Michoacán, Chiapas tienen registros importantes de superficies y producción (Rodríguez, 2001)

El chile (*Capsicum annuum* L.), después del jitomate, es el cultivo hortícola más importante desde el punto de vista socioeconómico y alimenticio en México. En el estado de Zacatecas el cultivo de chile es el más importante. Los cultivos hortícolas y en específico el chile, tienen altos requerimientos de agua y nutrimentos. Sin embargo, en los ambientes agroecológicos donde se produce, el agua es uno de los factores que más limitan su producción, para poder preservar el agua de riego es necesario usarla de manera eficiente en los sistemas de producción agrícola bajo riego. Los sistemas de riego localizado constituyen una buena alternativa para lograr este objetivo. Conjuntamente a la aplicación del agua es posible dosificar los nutrimentos que el cultivo de chile requiere durante su desarrollo (Tijerina, 1999).

La producción de chile a escala mundial se localiza principalmente en China, México, Turquía, España, Estados Unidos, Nigeria, Indonesia, Italia, Corea e Egipto ver cuadro siguiente. (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 2003).

Cuadro 2.1 Principales países productores de chiles frescos a escala mundial en miles de toneladas.

Los 10 principales países productores de chile (miles de toneladas)						
País	1996	1997	1998	1999	2000	2001
China	6525.4	7033.1	7283.1	7521.2	8136.5	8238.0
México	982.5	1145.7	1849.6	1797.2	1733.7	1800.0
Turquía	1150.0	1130.0	1390.0	1400.0	1400.0	1400.0
España	867.7	893.3	890.1	924.1	939.0	942.7
EAU	754.8	678.6	660.2	705.0	885.6	885.6
Nigeria	633.0	745.0	709.0	715.0	715.0	715.0
Indonesia	453.0	348.0	374.1	496.9	510.0	550.0
Italia	346.5	357.2	359.8	304.4	346.3	346.3
Corea	332.4	322.3	288.1	436.6	391.3	400.0
Egipto	322.5	362.7	410.8	388.1	428.1	448.3
Mundial	15626.3	16643.4	17773.2	18162.2	18847.9	19179.7

China, el principal productor mundial de chiles, concentra sus cosechas para el consumo interno de su población, pero recientemente ha participado en forma incipiente en el comercio internacional, lo cual es considerado como una amenaza al estatus de la red internacional. (FIRA, 2003)

En el período de 21 años, (1981 a 2001), la superficie sembrada de chiles en México mostró una tasa media de crecimiento anual de 4 %. En los últimos 5 años de ese periodo, la superficie sembrada con chiles osciló en un

rango de 150,000 a 160, 000 hectáreas. Las siembras se concentran en el ciclo Primavera-Verano con 73 % del total anual. (FIRA, 2003)

Por otra parte, son cinco los estados donde se concentra la mayor parte de la superficie sembrada con chilares; Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, San Luís Potosí y Durango, los cuales conjuntan el 73 % de la superficie sembrada. El programa agrícola 2003 de la SAGARPA reporta siembras en 151 314 has. Y una cosecha estimada de 2 080 568 toneladas. (FIRA 2003)

2.1.2. Clasificación Botánica

El chile pertenece a la familia solanácea y su nombre científico más generalizado es el de ***Capsicum annuum* L.** (Maroto, 1989)

Clasificación Botánica según (Janick, 1985):

Reino: Vegetal

División: tracheopphyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiosperma

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Solanáceales

Familia: Solanaceae

Genero: Capsicum

Especie: annuum

{**N.C.:** Chile}

2.1.3 Características Botánicas

El Chile anaheim es una planta que presenta un porte erecto, con altura de 55 a 60 centímetros y un follaje verde oscuro semicompacto con la primera ramificación en forma de horqueta, de 10 a 12 cm. de la base del tallo, produce abundantes frutos colgantes de los cuales algunos están en contacto con el suelo. Es una planta de ciclo intermedio con floración a los 50 días después del trasplante. Para el consumo en verdes de 100 a 120 días y para deshidratado de 130 días. (Cárdenas, 1980).

Los frutos son erectos con una longitud hasta de 24 cm por 4 de ancho y un pedúnculo de 5 cm, el cuerpo del fruto es ondulado y termina con un ápice puntiagudo o chato; presenta de 2 a 3 lóculos. El pericarpio mide de 2 a 3 cm de espesor, el color del fruto es verde y cambia a rojo oscuro cuando llega a la madurez, finalmente se torna achocolatado cuando se deshidrata, presenta un grado intermedio de pungencia.

2.1.4. Requerimientos Edafoclimaticos

El cultivo de Chile se desarrolla favorablemente en climas tropicales y semitropicales. Sus requerimientos en temperatura son fluctuantes.

2.1.4.1 Temperaturas de Germinación

Maroto, (1989) indica que en la rapidez y homogeneidad de la germinación de las semillas de Chile, además de determinados agentes físicos (Temperatura y Humedad principalmente) tienen influencia otros aspectos como la variedad.

El chile para tener una buena germinación necesita una temperatura mínima de 13 °C, una óptima de 25 °C y una máxima de 38 °C (Petoseed, 1988)

2.1.4.2 Temperatura de Desarrollo Vegetativo

Para tener un buen desarrollo, el chile necesita una temperatura mínima de 13 °C y un óptimo en el día de 20 a 25 °C y en la noche de 16 a 18 °C.

2.1.4.3 Temperaturas de Floración

Las bajas temperaturas nocturnas (8 - 10°C) reducen la viabilidad del polen favoreciendo la formación de frutos partenocárpicos, con o sin semillas (Maroto, 1989) señala que con temperaturas por debajo de 10 °C durante la floración, la fructificación, si se produce, es partenocárpica y los frutos así formado son de tamaño pequeño. (Villarnau y Gonzáles, 1999)

Se recomienda tener una temperatura mínima de 18 a 20 °C, una óptima de 25 °C y una máxima de 35 °C temperaturas mayores producen caídas de flores.

2.1.4.3 Suelos

En cuanto al tipo de suelo debe ser de textura franco-arenosos, profundos, ricos en materia orgánica, con un contenido de 3 – 4 % y principalmente bien drenados.

Los valores de pH óptimos oscilan entre 6.5 a 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5);

El Chile no tolera alta salinidad. (Robles, 1994)

2.1.5. Requerimientos Hídricos

El cultivo de chile demanda una cantidad de agua relativamente alta que es de 550 a 700 mm por ciclo sobre todo durante las etapas de floración, fructificación y llenado de frutos (Tun, 2001).

Una hectárea de chile necesita aproximadamente 3000 m³ de agua con un promedio de 8 a 12 riegos, recomendándose que sean ligeros pero frecuentes, se debe regar cada 2 días durante los primeros diez días posteriores al transplante transcurrido este tiempo, los riegos se aran cada 5 días (Medina, 1984)

El cultivo de chile ancho (verde) requiere un promedio de 5800 m³ /ha con sistema de riego por goteo y sin acolchado requiere 6600m³/ha. (Guerra, 1995)

2.2. Sistema de Riego por Goteo

Davis, (1980); menciona que el riego por goteo tiene grandes ventajas en la prevención de pérdidas de agua, ya que la pérdida de agua liberada del sistema es insignificante, la evaporación es mínima porque el agua no se descarga en el aire como los aspersores y solo una porción del suelo es humedecida.

Rojas y Briones, (1990) define el riego por goteo como la aplicación artificial de agua al suelo en forma lenta pero frecuente y en pequeñas cantidades dirigidas directamente a la zona radicular de las plantas a donde llega a través de emisores o goteras de 2 a 10 LPH con flujo gradual y uniforme. El agua aplicada se distribuye en el perfil del suelo describiendo un patrón de humedecimiento ovoide llamado

bulbo de mojado cuyo contorno se extiende más lateral que verticalmente en suelos arcillosos, mientras que en suelos arenosos se presenta más alargado en forma vertical que horizontal. Por otra parte dado que la aplicación es intermitente permite mantener el suelo en condiciones óptimas de humedad durante el desarrollo del cultivo.

El riego por goteo y acolchado en tomate de industria proporciona una mejor eficiencia en el uso del agua, pero su manejo ha de contemplarse en función de las características del suelo (Pardo et al., 2001).

Además en el riego por goteo se pueden suministrar nutrientes disueltos en el agua, con lo que se permite su 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).

2.2.1. Ventajas del Sistema de Riego por Goteo (Matta, 1998)

1. La eficiencia del riego por goteo es muy alta (90 a 95%), y la distribución del agua es muy uniforme.
2. Permite la fertigación con una gran eficiencia.
3. Con este sistema se puede regar muy frecuentemente con pequeñas cantidades de agua, de tal manera que el suelo esté siempre húmedo, con buena relación entre agua y aire.
4. El régimen de aplicación (intervalos entre riegos y cantidad de agua), puede ajustarse exactamente de acuerdo con las condiciones del suelo y del cultivo.
5. Es posible aprovechar el agua las veinticuatro horas del día, sin necesidad de supervisión continuada del riego.

6. Con este sistema de riego a presión no se producen pérdidas de agua en los deslindes del predio y no se mojan los caminos ni las parcelas vecinas.

7. Se aplica el agua que sólo las raíces del cultivo son capaces de absorber, por lo tanto se evita mojar otras áreas de terreno, lo que significa un ahorro de agua.

8. Contribuye a facilitar el control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada, ya que el agua es entregada directamente al lado de las plantas y a lo largo de la línea de cultivo, quedando seca la superficie entre las líneas. Además, el agua de riego se aplica finamente filtrada y libre de semillas de malezas.

9. Este sistema presenta facilidades para manejar caudales controlados, lo cual presenta la ventaja de poder administrar, a través del riego, fertilizantes y pesticidas solubles en agua.

10. Es posible ejecutar otras actividades agrícolas en el predio, durante el riego, como fumigación y cosecha.

11. Los goteros dosifican su caudal, entregándolo gota a gota, de acuerdo a la capacidad de absorción del suelo y las necesidades del cultivo; así se minimizan las pérdidas por conducción y evaporación, como también la formación de costra superficial.

12. El goteo impide que se forme un ambiente húmedo, como ocurre en otros sistemas de riego, disminuyendo con esto las condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades. Además, el follaje no se moja.

13. Es un sistema de riego de alta eficiencia, aún en terrenos con topografía irregular, en suelos poco profundos o con problemas de infiltración o en predios

en que el recurso hídrico sea escaso. Además, en la preparación del terreno para el riego por goteo no son necesarias actividades especiales.

14. Este método de riego ofrece especiales ventajas para su uso en zonas que dispongan de bajos caudales de agua, pero en forma casi continua, donde a través de un riego gota a gota es igualmente factible cubrir las necesidades de riego del cultivo.

2.2.2. Desventajas del Sistema de Riego por Goteo (Matta, 1998)

1. Su alto costo inicial de la inversión.
2. Este sistema requiere de un especial cuidado en el filtraje del agua y mantenimiento de los goteros, pues son muy sensibles al taponamiento por materia orgánica o impurezas, también por el crecimiento de algas en el interior de la tubería. Por esta razón, los filtros deben ser limpiados frecuentemente.

2.3. Generalidades Sobre Acolchado de Suelos

2.3.1. Propiedades Ópticas de los Acolchados

El acolchado ha sido una técnica empleada desde hace mucho tiempo por los agricultores. (Ibarra y Rodríguez, 1991). El acolchado de suelos con polietileno negro ayuda a eliminar la totalidad de las malezas. Este efecto herbicida del plástico negro se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas. (Robledo y Martín, 1988)

El polietileno de bajo espesor, que se puede presentar en forma de láminas transparentes, negras y blancas principalmente. Las primeras tienen el

inconveniente de no evitar la nascencia de las hierbas bajo ellas, aunque acabarán muriendo por exceso de temperatura. Las negras, por el contrario, impiden el desarrollo de las hierbas que no son deseables, pero calientan excesivamente el suelo en periodos de alta temperatura, problema que se subsana colocando láminas de color blanco (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Los acolchados plásticos afectan algunos factores microclimáticos, (Salisbury y Ross, 1994) indican que la temperatura del suelo es uno de los principales factores que se ven modificados por la acción directa del acolchado plástico, y del calor almacenado en el suelo dependerá la velocidad de los procesos fisiológicos más importantes para las plantas, como son; la absorción del agua, translocación de los nutrimentos, respiración y producción de sustancias hormonales del crecimiento y desarrollo, (Serrano, 1990) agrega que el acolchado influye en la temperatura y humedad del suelo.

La utilización de cubiertas plásticas supone alterar el balance de radiación, definiendo según el objetivo, un resultado más positivo o más negativo, el cual puede expresarse en mayor o menor temperatura en el suelo (Contreras et al, 1992). La temperatura del suelo se manifiesta como resultado del balance energético que inicialmente se expresa como balance de radiación.

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.

La necesidad de caracterizar las propiedades ópticas en función de la longitud de onda es una consecuencia del hecho que la calidad de la radiación es importante en la producción de cultivos. El desarrollo de acolchados de transmisión infrarroja (Loy y Wells, 1990) que selectivamente cambian la transmisión de la luz en el infrarrojo cercano y bloquean la radiación fotosintéticamente activa. Así como los cambios morfológicos de las plantas inducidos por alteraciones de la relación de reflectancia de luz rojo lejano y rojo. (Decotau et al, 1988)

Las propiedades ópticas de las películas son medidas de acuerdo a la geometría que presentan las camas del cultivo, además las propiedades ópticas son función de la elevación del ángulo del sol y dependen de la radiación incidente directo o difuso. Las propiedades ópticas también pueden ser afectadas por la condensación del agua, presencia de suelo (polvo) u otro tipo de partículas (Dubois, 1978). Las propiedades ópticas pueden cambiar como resultado de su envejecimiento o las condiciones climatológicas. Además del cambio inducido geométricamente, las propiedades ópticas también cambian dinámicamente.

La difusión de la luz por los plásticos es una propiedad óptica de gran importancia para el buen crecimiento de las plantas, puesto que permite que la fotosíntesis se realice por igual en todo el dosel de la planta. (Robledo, 1996)

Las cubiertas plásticas producen un efecto térmico en el suelo. Debido a que las cubiertas anulan el componente de evaporación, transmiten una parte importante de la radiación solar al interior del suelo. Suelen elevar así la temperatura, permitiendo aplicaciones como acolchado para anticipar cosechas y otras como la solarización, donde se extrema la posibilidad de incrementar la temperatura hasta niveles letales para muchos de los organismos vivos del suelo (Pullman et al, 1981). En franjas angostas se debe considerar la disminución de temperatura hacia los extremos, llamada efecto borde (Grinstein et al 1995).

El acolchado de suelo con películas de polietileno afecta los componentes de la ecuación de balance de energía. (Munguía, 2000)

Ibarra y Rodríguez (1993) indican que con el acolchado pueden influir en la temperatura y humedad del suelo manteniéndolo en un nivel óptimo para una

buena descomposición de la materia orgánica y que la planta lo pueda asimilar y al estar el terreno cubierto por el plástico impide que se erosione y por lo tanto no hay pérdidas de nutrientes.

2.3.2. Ventajas del Acolchado

- ◆ Efectivo control de malezas. La impermeabilidad a la luz solar de algunos polietilenos, detiene el crecimiento de malezas como el acolchado plástico negro absorbe el 95 %, refleja el 5 %.
- ◆ Mantenimiento de la humedad conservando la estructura del suelo. La impermeabilidad del polietileno impide la evaporación del agua del suelo, consiguiendo que el líquido permanezca disponible para las plantas cultivadas. ahorro de agua entre un 30 a 70 %
- ◆ Incremento de la fertilidad de la tierra. La temperatura y humedad del suelo incrementadas debido a la cobertura de polietileno favorecen la absorción del nitrógeno. Adicionalmente, al estar protegido el terreno, las lluvias no lavan el suelo; los fertilizantes no son arrastrados a profundidades donde no puedan llegar las raíces. Se elimina casi por completo las pérdidas de nitrógeno por lavado.
- ◆ Evita la erosión de la tierra. El método de cobertura de suelos con polietileno contribuye efectivamente a evitar la erosión y el endurecimiento de la tierra.
- ◆ Reflexión de luz para beneficiar la fotosíntesis. Los plásticos plata y blancos reflejan la luz solar proporcionando a las hojas luz en anverso y reverso, con lo cual se estimula la fotosíntesis, se mejora la calidad de los frutos y se obtienen cosechas más tempranas.
- ◆ Reducción de la mosca blanca y áfidos en general. La utilización de polietilenos con caras plata o blanco hacia el sol consigue el efecto reflexión de luz. Este efecto tiene gran influencia contra la presencia de mosca blanca y otros áfidos

- ◆ Adecuación de las temperaturas del suelo. El plástico transmite al suelo la energía calorífica recibida del sol durante el día, produciendo el efecto invernadero. Durante la noche el polietileno limita la fuga de las radiaciones IR (energía calorífica generada por el suelo y las plantas) y mantiene, durante la noche, temperaturas para las raíces más altas que las del ambiente.
- ◆ Reducción de los costos por mano de obra, herbicidas e insecticidas. Los beneficios proporcionados por los plásticos que bloquean el desarrollo de malezas son tan grandes que en la mayoría de los casos, solo este factor, justifica económicamente la inversión.
- ◆ Reducción de los costos de agua y fertilizantes. Hay interrelación entre los factores que benefician la producción empleando cobertura de suelos o mulch, ya que parte de la reducción del consumo de agua y fertilizantes se debe también al hecho de que se bloquea el desarrollo de malezas que consumen estos elementos.
- ◆ Precocidad de la cosecha, para aprovechar ventanas de oportunidad. precocidad de hasta 15 días a inicio de cosecha.
- ◆ Calidad de los frutos.
- ◆ Protección de los frutos.
- ◆ Evita la erosión y la compactación del suelo.
- ◆ Alta productividad. Las nuevas tecnologías han aportado con calibres muy delgados pero de alta resistencia mecánica lo cual contribuye a tener altos rendimientos con baja inversión. Con acolchado Incrementa en 20 a 100 % de la productividad
- ◆ Bajo costo. (Excelente relación costo-beneficio) A diferencia de lo que generalmente se cree, el costo de los polietilenos para acolchamiento agrícola es muy bajo, si se tiene en cuenta que la optimización de este recurso está en una buena recomendación en cuanto a los espesores.

2.3.3. Desventajas en el Acolchado

- ◆ Costosa remoción de la cubierta plástica
- ◆ Grandes costos iniciales.
- ◆ Incremento en el manejo.

2.3.4. Película Negra

El acolchado negro refleja una pequeña cantidad de radiación solar dentro del dosel menos de 25 Wm^{-2} al medio día en un día soleado. (Por ejemplo 3 por ciento de 800 Wm^{-2}) en contraste con un acolchado color blanco que refleja el 48 por ciento de la radiación solar hacia el dosel de la planta (por ejemplo 385 Wm^{-2} de una radiación incidente de 800 Wm^{-2}). Además la radiación total directa hacia el dosel es mas alta sobre un acolchado blanco (785 a 870 Wm^{-2}) que sobre un plástico negro (500 a 600 Wm^{-2}), (Tarara, 2000).

El acolchado plástico negro absorbe el 95 %, refleja el 5% y casi no hay transmisión de radiación solar, debido a que la conductividad térmica del suelo es relativamente más alta que el aire. Una gran proporción de energía absorbida por el plástico negro puede ser conducida al suelo por conducción, si hay un buen contacto entre el plástico y la superficie del suelo. (Ramírez, 1996).

El acolchado negro absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta, las longitudes de onda visible e infrarrojos de la radiación y reirradia en forma de calor la energía absorbida. Mucha de la energía absorbida en forma de calor por el acolchado plástico negro es transmitida a la atmósfera por convección (Hort. Uconn, 2002). El acolchado negro no permite el crecimiento de malezas. El plástico no trasmite la radiación visible comprendida entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, por lo que no se realiza la fotosíntesis, con la consecuente ausencia de malezas. (Ibarra y Rodríguez, 1993).

El acolchado plástico negro contribuye a obtener altos rendimientos en el cultivo de calabacita (*Cucúrbita mixta*) coincidiendo con lo reportado por (Ibarra et al., 2001) en el que indica que acolchado plástico blanco, acolchado plástico negro y acolchado coextruido blanco sobre negro registraron los mayores rendimientos con 35.4, 35.2 y 31.1 t·ha⁻¹, respectivamente, mientras que en el testigo sin acolchar alcanzó un valor de 21.4 t·ha⁻¹ en *Cucúrbita pepo* L.

Nihitochkina et al, (1989), trabajaron durante 4 años con cultivares bajo acolchado con polietileno negro, con esto logro obtener un control de la mala hierba reduciendo 25 – 30% las labores de campo, por lo consiguiente adelanto la cosecha en 4 – 8 días, incrementando en un 25 -30 % la producción, mejoro la fruta redujo el problema de plagas.

2.3.5. Película Blanca

Se asume que una superficie de plástico blanco es alrededor de 15 °C mas fría que un plástico de acolchado negro (Ham et al., 1993) la emisión de longitud de onda larga será muy baja (400 Wm⁻² a 25 °C) y (485 Wm⁻² a 40 °C).

El acolchado color blanco tiene la mayor reflexión de luz fotosintética de 65 a 75 %. Ramírez (1996)

En el plástico blanco, los resultados se deben a que existe un mayor porcentaje de radiación reflejada y probablemente, mejor calidad de luz que es absorbida por las hojas en los diferentes estratos del dosel incluso, donde la radiación directa del sol no puede llegar; así que las hojas realizan de la mejor manera sus actividades fisiológicas y también el cultivo de chile responde a esta radiación porque es exigente en luminosidad.

Celis, (2005), encontró que el acolchado blanco fue el mejor para la precocidad y el rendimiento en el cultivo de chile en comparación con el

acolchado negro en el análisis de crecimiento y rendimiento que realizo en Chile por efecto de acolchado de suelos.

Eltez y Tüzel, (1994) trabajando en tomate bajo invernadero, encontraron que el acolchado de polietileno blanco produjo mayor rendimiento total y mayor precocidad que el negro en otoño, mientras que el negro produjo mayor rendimiento total y menor precocidad que el blanco en primavera. La ventaja del polietileno blanco en invierno está dada por el beneficio de reflejar la luz sobre las plantas.

Linares, (1993), reporta que al evaluar películas fotoselectivas de PVC en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus L.*) utilizo los colores verde, rojo, amarillo, y azul, reportando en sus resultados que con la película blanca se obtienen los mejores resultados en los parámetros de diámetro de tallo, longitud de planta, precocidad y rendimiento total.

Flores, (1996), reporto que al evaluar películas fotoselectivas de PE y películas convencionales en el cultivo de Chile anaheim con colores para los de película PE (blanco, amarillo, azul, verde, rojo, café y negro), y de los convencionales (gris-humo, blanco opaco y rosa), reporta el mayor rendimiento en el PEBC con 52.988 ton/ha quedando en segundo lugar el PVC blanco opaco con 47.813 ton/ha.

2.4. Generalidades de Radiación Neta

2.4.1 Radiación Neta

La radiación neta (R_n) es una medida de energía disponible en la superficie de una cubierta vegetal después de haber realizado la diferencia entre el total hacia arriba y los flujos hacia abajo de la radiación ejemplo.

$$R_n = R_{sw} \downarrow - R_{sw} \uparrow + R_{lw} \downarrow - R_{lw} \uparrow$$

R_{sw} y R_{lw} son los componentes de onda corta y los componentes de onda larga y las flechas denotan la dirección del flujo, expresada generalmente en unidades de Watts por el metro cuadrado (Wm^{-2}). (Mesarch, 1999)

Los rangos de radiación de onda corta y larga son:

Radiación de onda corta (0.2-2.5 μm)

Radiación de onda larga (2.5-25 μm)

Cuando la radiación solar pasa a través de la atmósfera sufre varios procesos parte se refleja nuevamente al espacio, principalmente por nubes y una cantidad más pequeña se absorbe y dispersa por varios componentes atmosféricos. El resto alcanza la superficie del suelo, parte de la radiación solar global entrante es reflejada a la atmósfera y el resto es absorbido por la superficie, causando un incremento en la temperatura superficial.

La radiación terrestre frecuentemente es referida como radiación de onda larga; esta radiación es continuamente emitida (día y noche) por la superficie del suelo y superficie vegetativa. Ya que la temperatura superficial es más alta durante el día, la radiación saliente durante ese lapso, desde la superficie, es normalmente más alta que en la noche. La diferencia entre la radiación entrante de onda larga desde la atmósfera al suelo y la saliente desde la tierra a la atmósfera se le llama radiación neta. (García y Tejada 2000)

Munguía, (2000), Sugiere que las características espectrales de la película de polietileno negro utilizada en el acolchado de suelo afectan el balance de radiación de onda corta y larga, incrementándose ligeramente la radiación neta sobre el cultivo de melón con acolchado de suelos.

Munguia et al, (2004.), en investigaciones realizadas de Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico de color negro encontró que la radiación neta

(Rn) tiene un comportamiento en general, ligeramente ascendente con respecto al tiempo en los valores de esta variable, en ambos tratamientos como acolchado y no acolchado. Excepto en 66 dds donde se da una ligera fluctuación de Rn en ambos tratamientos, que volvió a incrementarse conforme avanzó el desarrollo del cultivo. Los valores de Rn se tomaron de las 13:00 a las 14:00 h y posiblemente el día 66 correspondió a algún período de nubosidad. La radiación neta (Rn), afecta la resistencia estomática (r_s) ya que esta fue mayor en la sección con acolchado.

Ortega et al, (2004) en estudios realizados para evaluar un modelo que estima el flujo de radiación neta (Rn) sobre un cultivo de tomates (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) variedad Heinz 2150, bajo condiciones de día despejado y nublado. Se instaló una estación meteorológica automática (EMA) en la parte central del cultivo, localizado en la Estación Experimental de Panguilemo perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca (35°26' lat. Sur; 71°41' long. Oeste, 110,5 m.s.n.m.). La EMA fue usada para medir el flujo de radiación neta, flujo de radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y presión de vapor en intervalos de 20 min. Los resultados indicaron que el modelo fue capaz de estimar el flujo de radiación neta en intervalos de 20 min, con una desviación estándar del error (DEE) igual a 34 W m⁻² y un error absoluto (Ea) menor a 3,2 %. En términos diarios, el modelo estimó el flujo de Rn con una DEE y Ea iguales a 0.6 MJ m⁻² d⁻² (0.24 mm d⁻¹) y 4.1 %, respectivamente.

Kumar et al, (2001) realizaron un estudio en Hisar, Haryana, la India en el cultivo de trigo, para evaluar la radiación neta, La radiación solar entrante, reflejada y neta fue medida en las varias etapas fenológicas del trigo. La radiación solar neta sobre la cosecha del trigo varió entre 531 y 811 Wm⁻².

Kumar et al, (2002) realizaron un experimento en cultivo de trigo, en Hisar, Haryana, India, para evaluar la radiación neta. Los valores de radiación solar entrante fueron de 535 y 775 Wm⁻². La radiación solar reflejada del trigo

varió a partir 98 a 149 Wm^{-2} , que abarcaron 14.5 - 19.2 % de la radiación entrante total. La radiación emitida por la superficie de la cosecha del trigo era más alta que la radiación entrante de onda larga en todas las etapas del crecimiento que fueron de 372 a 494 Wm^{-2} . Las radiaciones netas reales disponibles sobre la superficie de la cosecha del trigo para los factores físicos, fisiológicos y biológicos se extendieron entre 458 y 691 Wm^{-2} .

Serrato, (1996) reporta que un día despejado la radiación que consigue pasar a la atmósfera es de unos 960 Wm^{-2} y que la radiación media diaria considerando al planeta en su conjunto es de 440 Wm^{-2}

2.4.2. Importancia de la Radiación Neta (Rn)

La importancia de la radiación neta (Rn) es que es la cantidad fundamental de energía disponible en la superficie de la tierra para conducir los procesos de la evaporación, y el calentamiento del aire y del suelo, así como otros, procesos consumidores de energía más pequeños tales como fotosíntesis.

No toda la radiación solar que llega al ecosistema es utilizada por el mismo una importante proporción se refleja (albedo) y se pierde de regreso a la atmósfera sin ser aprovechada. El albedo, como se conoce a este proceso, depende de las características de la superficie del ecosistema, particularmente de su color los suelos oscuros tienen menor albedo que los suelos claros, y un ecosistema nevado alcanza un albedo superior al 90%. Las nubes reducen significativamente la entrada de radiación solar al ecosistema pues poseen altos porcentajes de albedo. Para una cubierta vegetal del cultivo de tomate el albedo es de 20 % (Oke, 1978).

2.4.3. Importancia de la Radiación Neta en la Evapotranspiración

Actualmente, los requerimientos hídricos de los cultivos o evapotranspiración real (ET_{real}) es cuantificada usando la evapotranspiración de un pasto en referencia (ET_o), la cual es ajustada para cada período fenológico por un coeficiente de cultivo (K_c) (Jensen et al, 1990), (Allen et al, 1998). Por otro lado, recientes investigaciones han indicado que el modelo de Penman-Monteith (1965) puede ser usado para estimar en forma directa el consumo de agua de los cultivos, sin necesidad de utilizar la ET_o y K_c (Kjelgaard et al, 1994); (Farahani y Bausch, 1995); (Rana et al, 1997). En Chile, (Ortega- Farias et al, 2000a) implementaron una metodología basada en la ecuación de PM, para estimar directamente el consumo de agua de un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill l.) industrial usando estaciones meteorológicas automáticas (EMA) que miden variables climáticas (temperatura del aire (T_a), humedad relativa (HR), velocidad del viento (V), y radiación solar (R_s)) en intervalos de tiempo menores a 1 h. Sin embargo, para estimar directamente la ET_{real} , el modelo de PM requiere mediciones simultáneas del flujo del calor del suelo (G) y radiación neta (R_n), siendo esta última variable la fuerza motriz de los intercambios energéticos que ocurren sobre y dentro de la cubierta vegetal del cultivo.

Por esta razón, el flujo de R_n es la principal variable de entrada en el modelo de PM y puede llegar a representar entre un 50 y 60 % de la ET_r en climas húmedos y subhúmedos, respectivamente (Jensen et al, 1990).

Se conoce como evapotranspiración al proceso mediante el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, directamente, o ha través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor. Por tanto sólo puede ser adecuadamente usado en una zona en la que el terreno este cubierto por vegetación.

La evapotranspiración dependerá del contenido de humedad del suelo y el desarrollo vegetal de la planta, ambos factores muy difíciles de medir, se ha

introducido el concepto evapotranspiración potencial o pérdida por evapotranspiración. Se puede definir la evapotranspiración potencial como la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo, si en todo momento existe en el suelo humedad suficiente para su uso máximo por las plantas. Este término se usa en el doble supuesto de que se tiene un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa. Indica por tanto el límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración y que se conoce como evapotranspiración real. La evapotranspiración de referencia es la tasa de evapotranspiración de una superficie cultivada de césped verde extenso, de unos 8 a 12 cm de altura, bien desarrollado y uniforme, que cubre totalmente el suelo y tiene un crecimiento activo, estando siempre bien regado.(Campos-Aranda,1992)

El flujo de R_n o energía disponible es la fuerza principal que determina, en mayor medida, las pérdidas de agua de una cubierta vegetal cuando el agua en el suelo no es limitante.

2.4.4. Flujo de Calor en el Suelo

Mesearch, (1999) menciona que el flujo de calor en el suelo algunas veces es ignorado porque su magnitud frecuentemente es muy pequeña y las variaciones estacionales son por lo general cero, sin embargo el flujo de calor en el suelo frecuentemente puede consumir del 5 al 15 % de la energía proveniente de la radiación neta. De esta manera el flujo de calor en el suelo es un parámetro importante para medir. Con el propósito de evaluar el flujo de calor en el suelo en la superficie es necesario evaluar el flujo de calor latente y el flujo de calor sensible. El flujo de calor en el suelo en la superficie es difícil medir pero se estima en base a mediciones de flujo de calor en el suelo a una determinada profundidad y conociendo ciertas propiedades físicas del suelo.

La transferencia de calor en el suelo ocurre por conducción (G_o), el movimiento de energía por vibración de las moléculas en un sólido o entre un sólido y un fluido inmóvil. Si el calor se mueve hacia arriba a la superficie, será flujo positivo, o hacia abajo al interior del perfil del suelo (será flujo negativo) de capas más calientes a capas más frías de acuerdo a la ley de Fourier.

$$G = -D_H \left[\frac{(T_2 - T_1)}{(Z_2 - Z_1)} \right]$$

Donde D_H es la Difusividad térmica del suelo, es la habilidad de transmitir calor en $\text{Wm}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ y $(T_1 - T_2) / (Z_2 - Z_1)$ es el cambio en temperatura (T) con la profundidad del suelo (Z). La conducción entre el acolchado plástico negro y la superficie superior del suelo determina el efecto del acolchado en la temperatura del suelo (Ham y Kluitenberg, 1994). El plástico negro o de otro color (excepto aluminizado y acolchado reflectivo) absorben casi toda la radiación solar, incrementando la temperatura en la superficie del plástico. Si el acolchado ha sido instalado correctamente bien estirado y esta en contacto directo con la superficie del suelo se obtiene una mínima capa de aire entre el plástico y la superficie del suelo, por lo cual el calor será transferido fácilmente por conducción, presentándose un incremento de temperatura del suelo. Alternativamente si un acolchado plástico es mal colocado y queda flojo sobre la superficie del suelo, queda un espacio con aire entre el plástico y el suelo, entonces el calor primero será conducido del plástico a la capa de aire atrapada y después por difusión a través de la bolsa de aire será transferido al suelo. Debido a que el aire tiene una difusividad térmica más baja que el suelo, el calor transferido desde el acolchado en este caso es muy lento y la mayoría de la energía almacenada en la superficie caliente del acolchado será transferida por convección a la atmósfera (Tarara, 2000).

Para estimar el flujo de calor en el suelo (G_o) un método combinado a sido establecido como técnica estándar (Kimball y Jackson, 1979). Este método es una aplicación práctica de la ley de Fourier, involucra mediciones de

la conducción a alguna profundidad del suelo (G_z) comúnmente a 5 –10 cm, con platos de flujo de calor (Fuchs, 1986) estimando la capacidad calorífica volumétrica (ρC_p) del suelo entre la superficie y los platos de flujo de calor $\Delta Z = 5$ cm u 8 cm y midiendo la tasa de cambio de temperatura $(T_1 - T_2) / (t_2 - t_1)$ en esa capa del suelo.

$$G_o = G_z + \rho C_p \left[\frac{(T_2 - T_1)}{(t_2 - t_1)} \right] \Delta z$$

Históricamente, estimaciones de (ρC_p) es la última parte de fiar del método combinado porque se requiere de muestreos gravimétricos del contenido de humedad en el suelo de la capa comprendida entre la superficie del suelo y los platos de flujo de calor. Una limitación la constituye la frecuencia de los muestreos del método gravimétrico (ejemplo diario, semana). Recientemente el desarrollo de sensores para medir (ρC_p) directamente cerca de la superficie del suelo en un pequeño volumen de suelo (Campbell et al., 1991; Tarara y Ham, 1997). Han mejorado y de hecho más confiable el método combinado ara realizar mediciones frecuentes sobre los platos de flujos de calor (por ejemplo cada hora).

La superficie del suelo intercepta energía en forma de radiación solar (onda corta) y radiación atmosférica (onda larga), y emite radiación de onda larga a una tasa gobernada por la temperatura del suelo. El balance de estos procesos, conocido como radiación neta (Davies e Idso, 1979), es de signo positivo durante las horas del día, y de signo negativo durante la noche. La energía de radiación neta es almacenada en el suelo como calor, utilizada por los procesos biológicos, disipada como calor por convección, o disipada como calor latente a través de la vaporación de agua desde el suelo (Rosenberg et al, 1983) la evaporación es el proceso que consume la mayor cantidad de energía, mientras que en condiciones secas, la mayor parte de la energía de radiación neta es utilizada para calentar el suelo y el aire adyacente (Ross et

al., 1985) y es posteriormente perdida como radiación nocturna hacia la atmósfera. Como consecuencia, la temperatura del suelo es inferior y menos variable en suelo húmedo que en suelo seco (Hanks, 1992).

Blanco, (2000) evaluando en el perfil del suelo el efecto de diferentes tiempos de acolchado plástico en la temperatura superior del suelo observo que el flujo de calor hacia el interior del suelo a las horas de máxima incidencia de radiación solar es mayor en el tratamiento con acolchado plástico que el control (sin acolchado). Durante la noche y las primeras horas del día, el flujo de calor desde el interior del suelo hacia la superficie del suelo es mayor en acolchado plástico. También se observo que en el suelo con acolchado plástico almacena calor durante la mayor parte del desarrollo del cultivo y pierde calor únicamente al final del ciclo de desarrollo. Por el contrario, el suelo sin acolchado plástico pierde calor durante todo el ciclo del cultivo.

Munguia et al, (2004.), en investigaciones realizadas de Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico encontró que Los valores del G mostraron un comportamiento ligeramente variable durante el desarrollo del cultivo en la sección acolchada, y con mayor variabilidad en la no acolchada. En el tratamiento acolchado se registraron los valores más altos de G, aunque la variación entre el valor máximo y mínimo de esta variable (58%) fue similar para ambos tratamientos.

Anadranistakis, (1997) Menciona que algunos métodos para estimar la evapotranspiracion como el de penman monteih requieren del conocimiento de la energía disponible expresada por la diferencia entre la radiación neta (R_n) y el flujo de calor en el suelo en algunos casos el flujo de calor en el suelo (G_o) se considera cero o una porción de la radiación neta cambios en el desarrollo del cultivo y su índice de área foliar son los que determinan la magnitud de flujo de calor en el suelo estableciéndose una relación entre flujo de calor en el suelo y

radiación neta además de el índice de área foliar (IAF) atendiendo también las variaciones en el régimen del contenido de humedad del suelo, con el valor de índice de área foliar cercano a cero, la relación G y Rn tiende a tomar un valor de 0.43 mas sin embargo para valores mayores de IAF la relación de G y Rn se aproxima a su limite con un valor de 0.1.

De Vries, (1999) realizo un experimento para evaluar la influencia de acolchado de suelos sobre la temperatura del suelo, del aire cerca de la superficie del suelo y el flujo de calor en el suelo se evaluaron dos tratamientos de acolchado uno con película de polietileno negro y otro con película de polietileno de película transparente los resultados encontrados en la primavera con una película de polietileno negro esta película da pequeños incrementos en la temperatura durante la noche y un incremento de las fluctuaciones de la temperatura del aire cerca de la superficie del suelo y un decremento de las fluctuaciones de la temperatura del suelo. En general el uso de películas de polietileno transparente da un incremento en las temperaturas durante la noche y un incremento de las fluctuaciones de la temperatura en el suelo sin embargo la media de la temperatura del suelo se incrementa.

2.4.5. Temperatura del Suelo

La temperatura del suelo responde a las condiciones ambientales, radiación neta, temperatura del aire y cobertura, pero esta respuesta esta influenciada por el contenido de humedad del suelo y textura.

La influencia del acolchado sobre la temperatura del suelo se realiza por transmisión de calor del acolchado al suelo. El plástico detiene el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera en cierto grado el cual depende de las características de la película (color, rugosidad, modo de fabricación) (Zapata, 1989)

Wraith y Hanks, (1992), demostraron la influencia de la temperatura del suelo en el crecimiento temprano y desarrollo de muchas plantas, realizaron un estudio para investigar la influencia del régimen térmico del suelo bajo diferente humedad y etapas de crecimiento del trigo. Utilizando acolchado en la superficie del suelo y cables enterrado de flujo de calor para modificar la temperatura del suelo y un sistema por aspersión en la aplicación de agua a diferentes niveles. La pérdida de agua en el suelo aumento conforme aumenta la temperatura del suelo siendo la máxima profundidad del agua del suelo entre 0.2 a 0.4 m de lamina para tratamientos de mayor temperatura.

Martínez, (1997) evaluaron 10 tratamientos, un experimento con el cultivo de melón, para determinar la influencia de los acolchados en la temperatura del perfil superficial del suelo bajo dos abatimientos de humedad aprovechable en acolchado con polietileno negro y transparente a un 40 y 60 por ciento de humedad aprovechable. Tomando temperaturas del suelo a 25, 50, y 100 mm de profundidad las temperaturas en los perfiles superficiales gradientes de hasta 6 °C entre los 25 y 50 mm de profundidad; y 3 °C entre los 50 y 100 mm de profundidad. Causando los acolchados una considerable precocidad en el desarrollo de las plantas de tal manera que las mediciones agronómicas presentaron diferencias altamente significativas en los tratamientos.

Blanco (2000), evaluó efecto de diferentes tiempos de acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo y su relación con el rendimiento de chile anaheim consistió en tratamientos con acolchado las 24 hrs, acolchado de día, acolchado de noche y sin acolchado en el periodo 15 a 17 días después del transplante a las profundidades de 25, 50, 100 y 150 mm el registro máximo fue para el tratamiento con acolchado color negro a las 24 hrs a la profundidad de 25 mm con un valor de 40 °C máximo y un mínimo de 18 °C.

Baghour, (2001), en experimentos de campo realizados para investigar el efecto de las temperaturas de la raíz de patata se utilizaron Cuatro diversas cubiertas plásticas (T1: polietileno transparente; T2: polietileno blanco; T3: el

blanco y el negro coextruido; y T4: polietileno negro), tomando las plantas destapadas como control (T0). Los diversos tratamientos tenían un efecto significativo en temperaturas (T0 = 16°C, T1 = 20°C, T2 = 23°C, T3 = 27°C y T4 = 30°C).

Heibner, (2004) en experimento realizado en el cultivo de espárrago, midieron la temperatura del suelo así como la transmitancia y la reflexión con acolchado blanco y acolchado negro todas las películas fueron producidas en Alemania. Las medidas de la temperatura fueron realizadas bajo la irradiación controlada y condiciones de temperatura ambiente en el laboratorio: primero, 182 Wm⁻² y 11 °C en una profundidad de 0.4 m, y en segundo lugar, 340 Wm⁻² en 20 °C.

Decoteau, (1988) Evaluando diferentes temperaturas con diferentes acolchados en el cultivo de tomate, Los valores más altos de la temperatura del suelo en la mañana ocurrieron debajo del acolchado color plata, y los valores más bajos fueron observados en el suelo pelado. La temperatura más alta del suelo del mediodía ocurrió bajo el acolchado color gris y temperatura más baja del mediodía del suelo pelado y acolchado color blanco. Las temperaturas fueron: suelo pelado (29.4 °C), seguido por las plantas bajo acolchado color blanco (29.8 °C), acolchado pintado (30.5 °C), acolchado color plata (30.6 °C), y los acolchados grises (31.9 °C),

Splittstoesser (1991) señala que generalmente, la temperatura del suelo se incrementa por varios grados bajo las películas transparentes durante el día. Este incremento puede variar entre 2 a 10 °C de acuerdo a la estación, tipo de suelo cantidad e intensidad lumínica y la humedad del suelo. En la noche la diferencia de temperatura entre el suelo cubierto y el suelo desnudo es menor de 2 a 4 °C.

Dubois (1978) y Splittstoesse (1991) señalan que bajo películas negras, la temperatura del suelo pueden ser mas altas de 10 a 15 °C que en el suelo desnudo mientras que en algunas instancias, este puede ser ligeramente menor que en le suelo desnudo.

Lamont (1993) de acuerdo a un experimento realizado señala que las temperaturas del suelo bajo acolchado plástico negro durante el día son generalmente de 2.8 °C mas alto a una profundidad de 5 cm y 1.70 °C mas alto a una profundidad de 10 cm comparado al suelo desnudo. Y las temperaturas del suelo durante el día bajo acolchado plástico claro son generalmente de 4.4 a 7.8 °C más alto una profundidad de 5 cm y de 3.3 a 5 °C mas alto a una profundidad de 10 cm comparado al suelo desnudo.

2.4.6. Temperatura del Aire

La temperatura del aire puede incrementar la fotosíntesis del cultivo debido a que el estrato inferior de hojas de las plantas reciben una mayor radiación, debido al reflejo ocasionado por el plástico, permitiendo de esta manera incrementos en la producción.

Díaz y Lira, (1986) reportan, que La cubierta de plástico negro incrementa la temperatura del aire hasta una altura de 25 cm sobre la superficie del suelo durante las horas mas calientes del día (13:00 y 18:00). Este incremento en la temperatura del aire fue de 5 a 7 °C mayor sobre la superficie con plástico negro que sobre la superficie del suelo desnudo.

Calvert, (1996) menciona que la temperatura influye en la distribución de asimilatos, durante la fase de crecimiento vegetativo una alta temperatura favorece el crecimiento foliar a expensas del ápice, mientras con una temperatura baja ocurre lo contrario.

Ludlow (1982) menciona la importancia de la temperatura del suelo como factor de crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la temperatura del aire y de la planta para una buena producción, pero dentro de los rangos de temperaturas óptimas de cada cultivo.

Logan, (1996) recomienda cubrir las camas con plástico claro de 1 a 2 semanas antes de transplante con esto el acolchado acumulara suficiente calor para proteger las plantas de melón a temperaturas de -2.5°C de temperatura del aire.

Ham et al (1993) quienes reportaron que las temperaturas de algunos acolchados alcanzan mas de 60°C en días despejados y logran superar la del aire hasta por 25°C .

Se atribuye al viento un 2.6 % de la perdida total de agua de la hoja, en condiciones naturales, el viento hace cambiar frecuentemente las temperaturas de las hojas (Gates, 1980)

Wien et al, (1993) en trabajos realizados reporta que el plástico negro fue alrededor de 20°C mas caliente que la temperatura del aire medida a 2.5 cm. Un suelo desnudo seco entre las camas acolchadas fue alrededor de 7°C mas caliente que la capa de aire inmediatamente superior. En otro trabajo la temperatura media diaria del aire sobre el suelo desnudo, plástico transparente y plástico blanco fue 1°C y 5°C mas alta que la temperatura del aire en el suelo desnudo y los acolchados respectivamente.

Torres, (2004) evaluando respuestas del melón a la modificación microambiental para el uso de acolchados fotoselectivos encontró que la temperatura del aire era mayor en las horas de 13:00 y 14:00 y las menores temperaturas a las 7:00 de la mañana.

2.4.6. Cálculo de la Radiación Neta

Esta variable puede ser medida directamente usando un radiómetro neto, o bien realizando una estimación de su valor, a través de modelos que integran las variables que componen el balance de energía de onda larga y onda corta. En el caso de la radiación de onda corta, se ha encontrado que entre 20 y 25 % de la radiación solar, que es la principal variable de entrada de los modelos de R_n , es reflejada a la atmósfera por la cubierta vegetal (Jensen et al, 1990). Por otro lado, el balance de radiación de onda larga se cuantifica a través de la Ley de Stefan-Boltzmann y depende del gradiente de temperatura entre el aire y el cultivo (Monteith y Unsworth, 1990).

Para el cálculo de la radiación neta puede cuantificarse de la siguiente manera:

$$R_n = R_{s\downarrow} * (1 - \alpha) + \epsilon_a * \sigma * T_a^4 - \epsilon_s * \sigma * T_{st}^4$$

Donde:

R_n : radiación neta en una cubierta vegetal ($W m^{-2}$)

α : Albedo de la superficie en %.

R_s : radiación solar ($W m^{-2}$). Según Martín Vide (1991), este término se puede aproximar a la radiación solar global.

T_a : temperatura del aire (K).

T_{st} : temperatura de la superficie de una cubierta vegetal calculada (K).

σ : Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$)

ϵ_s = emisividad de la superficie de una cubierta vegetal

ϵ_a : emisividad del aire.

Esta se ha calculado mediante la ecuación propuesta por Idso (1981):

$$\epsilon_a = [0.7 + 5.9 * 10^{-5} * e * \exp(1500/T_a)]$$

Donde:

e : presión del vapor de agua (kPa) calculada

Para la conversión de los valores instantáneos de radiación neta (R_{ni}) a valores diarios (R_{nd}) se ha seguido la relación propuesta por Seguin e Itier (1983) dónde los valores diarios de R_n se pueden derivar a partir de la siguiente expresión:

$$R_{nd} / R_{ni} = 0.30 \pm 0.03$$

Formula para calcular la temperatura de superficie terrestre:

$$T_{st} = T_{ab} + \left\{ \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \right) * (T_{ab} / n) \right\}$$

Dónde:

T_{st} : temperatura de la superficie de una cubierta vegetal (K).

T_{ab} : temperatura aparente de brillo (K).

ϵ_s : emisividad de la superficie de una cubierta vegetal.

n : parámetro radiométrico que depende del intervalo de temperaturas

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización Geográfica del Sitio Experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano de 2005, en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila; cuyas coordenadas geográficas son: 25° 27' de latitud Norte, 101° 02' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a una altura de 1610 msnm.

3.1.1. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köeppen y modificada por García (1973) el clima de Saltillo corresponde aun seco estepario, con fórmula climática BsoK (x') (e').

Donde:

Bso: Es el clima más seco estepario de los Bs.

K: Templado con verano cálido, siendo la temperatura media anual entre 12 y 18 °C, y la temperatura media del mes más caluroso de 18°C.

(x'): Régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno.

(e'): Extremoso con oscilaciones entre 7 y 14 °C.

En general la temperatura y precipitación pluvial media anual son de 18 °C y 365 mm respectivamente, los meses más lluviosos son principalmente los que comprenden entre Julio y Septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de Julio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, presentándose las más altas en los meses de Mayo y Junio con 236 y 234 mm respectivamente.

3.1.2. Suelo

El suelo del lote experimental es de origen aluvial, sus características más importantes son las siguientes: tiene un p H de 8 aproximadamente.

Clasificándose como suelo medianamente alcalino, presenta una textura arcillo – limosa, con una capacidad de campo de 29.7 por ciento y un punto de marchitez permanente de 16.4 por ciento, mientras la densidad aparente es de 1.46 g / cm³. Con una C.E de 3.7 milimohos/cm, ligeramente salino (Ibarra, 2004)

3.2. Establecimiento del Experimento

3.2.1. Producción de Plántula

Esta actividad se realizo el 29 de marzo del 2005, utilizándose charolas de 200 cavidades, las cuales se desinfectaron con PCNB (pentacloronitrobenceno), para que las semillas no tuvieran problemas una vez que emergiera y como substrato, se utilizo Peat Moss. El material vegetativo utilizado fue la semilla de Chile Anaheim TMR –23.

Una vez realizada la siembra en las charolas, se colocaron en un invernadero para producción de plántula, el cual cuenta con sistema de calefacción y ventilación para mantener constante una temperatura mínima de 25°C y una máxima de 35 °C para acelerar la germinación. Las charolas se estibarón durante una semana.

En el transcurso de la siembra hasta el momento de transplante las actividades realizadas fueron con el objetivo de mantener las condiciones de sanidad y humedad necesarias para que las plántulas crecieran sanas y vigorosas buscando, en lo posible, un buen establecimiento de la plántula.

3.2.2. Preparación del Terreno

Con tiempo previo se realizaron las labores culturales del terreno destinado a la realización del experimento como fueron: barbecho, rastreo con el arado de discos a una profundidad de 30 a 40 cm, posteriormente se realizó un paso de rastra cruzada para tener las condiciones homogéneas y bien nivelado el terreno, para después iniciar con la formación de camas la cual se realizó de forma mecánica.

3.2.3. Trazo del Área del Experimento

El trazo del área consistió en delimitar el largo y el ancho del experimento con estacas y rafia (hilo de polipropileno) que fueron de 18 x 28.8 m, dando una superficie de 518.4 m².

3.2.4. Instalación del Sistema de Riego

Una vez que se levantaron todas las camas, se procedió a la instalación del sistema de riego, colocándose las cintas en medio de cada cama, siendo una cinta por cada cama.

Para la instalación del riego se utilizó una línea de suministro de agua controlada por una válvula para controlar el riego del experimento.

En esta línea se conectaron las cintas mediante un tubing y conectores omni, la cinta de riego fue de la marca de Netafin de modelo Streamline 120 F con goteros cada 30 cm para un gasto por gotero de 0.98 litros por hora. La frecuencia de riego fue similar para todo el experimento, al realizarse diariamente a cada 2 horas, que era de 16:00 a 18:00 hrs para que se llegara a capacidad de campo.

3.2.5. Acolchado de Camas

Esta práctica se realizó en forma manual los días 14 y 15 de mayo del 2005, consistió en la colocación de las películas plásticas sobre las camas, anclando los extremos y laterales con tierra.

Una vez terminado el acolchado, se procedió a la perforación del mismo a lo largo de la cama y fue a doble hilera por cada cama. Para realizar las perforaciones se utilizó hilo marcado a cada 30 cm, de distancia, el cual se colocó a lo largo de los tratamientos acolchados para ir perforando a la medida indicada a los costados laterales de la parte central del acolchado., utilizando perforadores manuales de dos pulgadas de diámetro, los cuales se calentaron previamente para poder sellar los bordes de la perforación evitando de esta manera el rasgado de la película en el área de la perforación la separación entre camas era de 1.8 m se utilizó una película de polietileno plástico de color blanco con un espesor de 37 μm y un ancho de 1.4 m.

3.2.6. Riego de Transplante

Este riego se dio dos días antes del transplante, con el, se logro llevar el suelo hasta capacidad de campo para que tuviera las condiciones optimas y poder realizar el transplante al día siguiente.

3.2.7. Transplante

El transplante se realizo el 19 de mayo del 2005, aplicándose previamente PCNB (pentacloronitrobenceno) para evitar problemas con enfermedades fungosas, colocándose una planta por golpe dando un ligero apretón al suelo húmedo alrededor del cepellón.

Después se coloco un tapapié con tierra para evitar el aleteado del plástico y el posterior crecimiento de malezas en el área del transplante.

3.2.8. Fertilización

Se utilizo la formula de fertilización 160-80-80, empleado como fuentes de fertilización el nitrato de amonio, ácido fosforico y el nitrato de potasio, aplicándose una semana después del transplante mediante el sistema de riego (fertirrigacion).

3.2.9. Manejo del Cultivo

Fue necesario entutorar el cultivo para dar un soporte extra ya que las plantas que se desarrollan en acolchado y riego por goteo tienen un sistema

radicular poco profundo, lo cual puede propiciar que el viento llegara a acamarlas. Para esto, se adquirió alambrones doblado en forma de arco, se enterraron sobre la cama. A cada lado se amarraban a doble línea de rafia, y se colocaba la planta entre las dos líneas, para que tuviera resistencia a la fuerza del viento no importando de donde previniera.

Se llevo a cabo un control fitosanitario preventivo semanal en el experimento, las aplicaciones se hicieron en forma manual con una mochila aspersora de 18 litros de capacidad. Las plagas que mas se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron el minador de la hoja, el barrenador del fruto.

En cuanto a enfermedades, los primeros días del cultivo se encontró el estrangulamiento de la planta , misma que fueron controlada junto con las plagas, con los siguientes agroquímicos: Tecto 60, Ambush 34, Daconil 2878, Diazinon ó Basudin, Boicaptan, Cupertron, Furadan, Gusation, Thiodan, Trigard, Vydate, Prozycar, Agrimicu, Flonex, Metox, Trevanil, Asinfosmetil, Enosulfan, Biomec, Promyl, Rally, Sultron, Metamidofos, Foltron, Rescate, Azinfos, Bionex, Metox, cupertron, Metomilo, Cuperhidro, Capton, metamidofos, se utilizaron diferentes productos para evitar la resistencia de plagas a los insecticidas.

Se realizaron deshierbes en forma manual en los orificios en donde se encontraban las plantas y en los pasillos entre camas para evitar la competencia de malezas con las plantas por el agua y nutrientes, así como evitar la contaminación de posibles enfermedades fungosas y propagación de insectos dañinos que pudieran afectar al cultivo.

3.3. Parámetros de Observación

3.3.1. Radiación Neta

Para llevar a cabo esta medición se utilizó un sensor net Radiometer modelo Q-7.1-L colocado a una altura de 2 mts. Con la finalidad de cuantificar la cama acolchada con plástico blanco y en la parte del pasillo, el net radiometer se conectó a un Datalogger 21x y sucesivamente se descargaba la información a una computadora, la frecuencia de medición era a cada 20 segundos haciendo promedios a cada 30 minutos.

3.3.2. Temperatura del Suelo

Esta medición se llevó a cabo a dos profundidades que corresponden a 2 cm y 6 cm, se midió en la cama acolchada y en la parte del pasillo entre las camas, Para realizar esta medición se utilizó termopares tipo T que son de cobre constante modelo A3537-L estos sensores se conectaron a un Datalogger 21x, la frecuencia de medición era a cada 20 segundos haciendo promedios a cada 30 minutos.

3.3.3. Temperatura del Aire

Esto se llevó a cabo a dos alturas de 10 y 20 cm, sobre el acolchado y en el pasillo entre las partes acolchadas, se midió con un sensor de termopar de alambre fino tipo "E", modelo FW3 los datos se almacenaban en el Datalogger 21x, la frecuencia de medición era a cada 20 segundos haciendo promedios a cada 30 minutos

3.3.4. Flujo de Calor en el Suelo

El Flujo de calor en suelo se midió en la cama acolchada y en la parte del pasillo entre las camas a una profundidad de 8 cm con un platito de flujo de calor modelo HFT-3- L conectado a un datalogger 21x, la frecuencia de medición era a cada 20 segundos haciendo promedios a cada 30 minutos

3.3.5. Velocidad y Dirección del Viento

La velocidad y dirección del viento se midió a una altura de 2 m. con un anemómetro de copa la velocidad y la dirección con una veleta modelo (03001-5 y 03101-5 R.M. Young). Conectado a un datalogger 21x. Esto se realizo para realizar la corrección de la radiación neta por el efecto del viento.

3.3.6. Contenido de Humedad del Suelo

El Contenido de humedad del suelo se midió en base a volumen en la parte acolchada y en la parte del pasillo entre las camas del acolchado. Se midio con un sensor TDR modelo CS 615 a una profundidad de 30 cm estos sensores se conectaron a un Datalogger 21x de la marca cambell SCI que toma lectura de los sensores a cada 20 segundos y hace promedios a cada 30 minutos. Se realizo para saber el comportamiento del contenido de humedad que existía en la parte acolchada y en la parte del pasillo.

3.3.7. Índice de Área Foliar

Para esta evaluación se tomo dos plantas por cada repetición, eran cuatro repeticiones, en general eran ocho plantas que se evaluaban. Ya estando cortada las plantas, se le separaba las hojas, y fueron evaluadas a través de un medidor de área de la marca LI-COR modelo LI- 3100, el que nos indicaba la superficie de las hojas.

El índice de área foliar nos indica cuantas veces el área foliar cubre la superficie ocupada por la planta; así que para obtener este índice fue necesario dividir el valor del área foliar entre 0.27m^2 la superficie que ocupa la planta, para la unidad experimental.

Esta evaluación se realizaba a cada 15 días, tomando 6 evaluaciones en general en el ciclo del cultivo la última evaluación fue el 2 de diciembre del 2005.

3.3.8. Peso de materia seca

Para evaluar el peso de materia seca se tomaron dos plantas por cada repetición como se mencionó en la medición de área foliar, la cual fue cortada para después separarle las partes vegetativas, los tallos, las hojas y los frutos y enseguida se colocó en bolsas de papel las cuales fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 75°C durante periodos de tres días o más, hasta obtener peso constante completamente deshidratados.

Paso seguido fue pesar las bolsas de cada parte vegetativa, para después eliminar el peso de la bolsa para así dar el peso real del material vegetativo.

De esta forma se realizaron siete evaluaciones dentro del ciclo del cultivo empezando el veintisiete de agosto del 2005, con un intervalo de 15 días, el último peso fue el 2 de diciembre del 2005.

3.3.9. Rendimiento Total

El primer corte se realizó el 12 de septiembre del 2005, por cada repetición, cada repetición contaba con 4 camas acolchadas en la parte central del cultivo con una longitud de 4.5 m por cada cama, para lo cual se cosechaba para las 4 repeticiones en general separando el peso y número de chiles por cada repetición, después al segundo corte que se realizó fue el

27 de septiembre, de ahí en adelante lo que se realizo fue la separación de chiles buenos, dañados por sol, y los que estaban maduros. Para después pesarlos por cada parte, los maduros, los dañados por sol y los buenos, esto se hacia por cada repetición al mismo día, el espaciamento que se le daba entre cortes era en un rango de 15 días, el ultimo corte se realizo el 24 de noviembre.

3.3.10. Altura y Diámetro de Tallos

Esto se realizo para ver el comportamiento del cultivo durante su ciclo , esto se empezó a realizar el día lunes 29 de agosto del 2005, se realizaba en un intervalo de 15 dias , el cual se necesitaba, una regla graduada y un vernier, para realizar lo requerido. La última medición se efectuó el 11 de noviembre del 2005.

3.3.11. Lectura de Tensiometros

La instalación del los tensiometros se llevo a cabo el sábado 27 de agosto del 2005, con la finalidad de saber la humedad en el suelo se instalaron a las 4 repeticiones a una profundidad de 30 cm y se instalaron 2 mas en la repetición uno y la tres a 45 cm de profundidad para tener mas precisión. Las lecturas se tomaban después de las 2:00 pm de la tarde.

3.3.12 Evapotranspiracion

La toma de datos se realizaba con un datalogger el cual ya tenia programada la ecuación de penman monteith para realizar las integraciones necesarias estaba instalada en la estación metereologica del campo experimental de CIQA.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

De la información recabada durante el ciclo del cultivo se seleccionaron 4 fases fenológicas que comprende: floración (80 a 100 DDT), amarre de frutos (105 a 120 DDT), llenado de frutos (130 a 152 DDT), cosecha (160 a 190 DDT), para analizar la radiación neta, flujo de calor en el suelo, temperatura del suelo, temperatura del aire, diferencia de temperatura del aire, contenido de humedad, estos datos se tomaron en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada con plástico color blanco.

4.1. Radiación Neta (Rn)

Se analizo el comportamiento de radiación neta en el cultivo de chile anaheim, con acolchado plástico color blanco, para ello se tomaron 5 días más representativos de cada etapa fenológica el sensor recababa datos en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada.

La figura 4.1 corresponde a la etapa fenológica de floración se observa que en esos días existieron oscilaciones de radiación neta, a diferencia del día 90 DDT se observa un día típico sin oscilaciones bien soleado, el mayor valor de radiación neta es de 619 Wm^{-2} para el día 86 DDT, y el menor valor que es de -62.63 Wm^{-2} lo reporta el día 91 DDT. Los valores altos se encuentran a las 13:00 y 15:00 hrs y los valores menores se encuentran en la noche y parte de la mañana cuando la dirección del flujo de calor en el suelo es de capas mas profundas hacia la superficie del suelo o hacia el cultivo.

Los valores altos de radiación neta concuerda con Kumar et al, (2001) al evaluar la radiación neta en el cultivo de trigo en varias etapas fenológicas los valores reportados son 531 y 811 Wm^{-2} .

En esta etapa no se había realizado mediciones de área foliar, altura y diámetro de tallo por eso no se presentan valores.

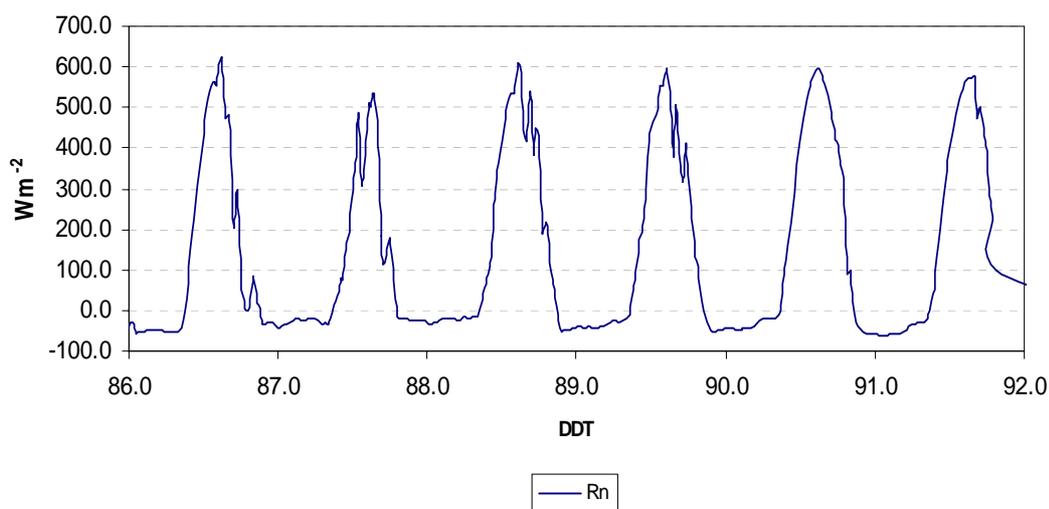


Figura 4.1 Radiación neta para un cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de floración.

La figura 4.2 corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos, en esos días se observa que hubo oscilaciones durante el día, la radiación no era constante, los valores altos se encuentran entre 500 a 600.83 Wm^{-2} como el caso de la primera etapa fluctúa en esos rangos de valores altos y también de valores negativos se comportan igual. El valor más alto para esta etapa fenológica lo representa el día 111 DDT con 600.83 Wm^{-2} y el valor menor lo tenemos en el día 112 DDT con -64.05 Wm^{-2} estos resultados concuerdan con lo reportado por Kumar et al, (2002) al observar las radiaciones netas disponibles sobre la superficie de la cosecha del trigo tomando en cuenta los factores físicos, fisiológicos, los valores reportados son 458 y 691 Wm^{-2} .

En esta etapa la planta presentaba un índice de área foliar de 0.58 y una altura de 48.83 cm y un diámetro de 1.05 cm todavía no alcanzaba su cobertura efectiva, por eso presenta valores altos de radiación neta.

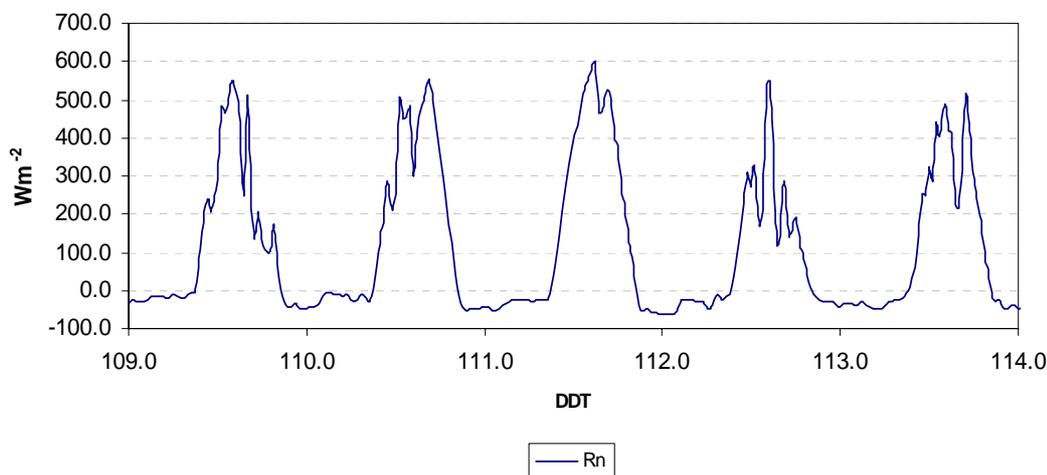


Figura 4.2 Radiación neta para un cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de amarre de frutos.

La figura 4.3 representa la etapa fenológica de llenado de frutos comparado con las otras 2 etapas ya mencionadas se comportan en un rango máximo de 500 a 600 Wm^{-2} , de igual manera en esta figura tiene esos mismos rangos a diferencia del día 149 DDT se observa que no hubo mucha radiación es causado por efecto de nubosidad, el valor no rebasa de los 100 Wm^{-2} , a comparación de los demás valores reportados.

El mayor valor de radiación neta lo reporta el día 145 DDT con 594.5 Wm^{-2} se da en las horas de mayor radiación de las 13:00 y 15:00 hrs, se observa también un día típico sin fluctuaciones de radiación neta, el valor menor lo representa el día 145 DDT con -59.4 Wm^{-2} estos valores son mayores con lo reportado por Munguia, (2000) al evaluar los componentes de balance de energía en el cultivo de Melón con acolchado color negro y los valores reportados son de 490 Wm^{-2} y 4 Wm^{-2} .

En esta etapa la planta ya tenía un índice de área foliar de 1.45 y un diámetro de 1.57 cm y una altura de 61.81cm por eso disminuye la radiación neta unos 10 Wm^{-2} .

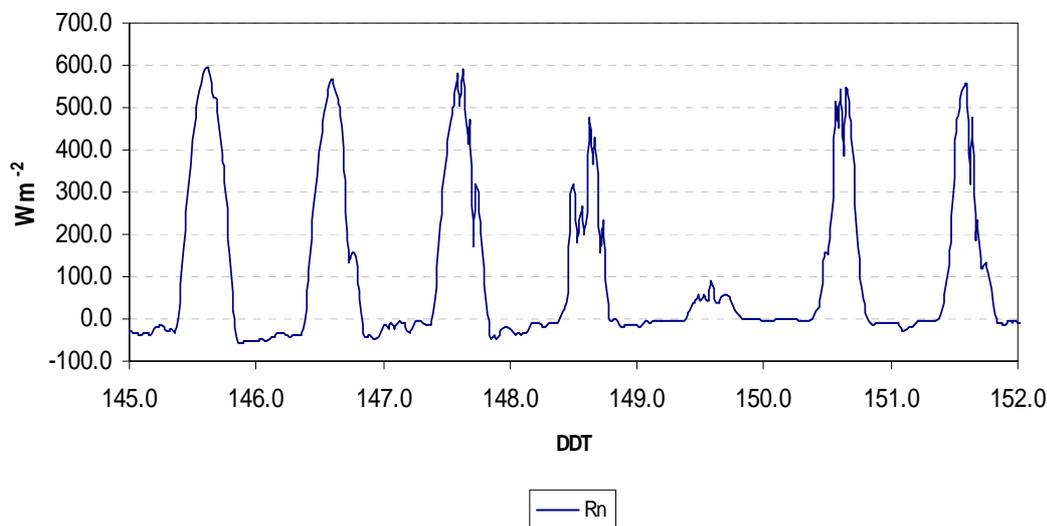


Figura 4.3 Radiación neta para un cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de llenado de frutos.

La figura 4.4 representa la etapa fenológica de cosecha se aprecia que en esos días son típicos bien soleados a diferencia del día 170 que hubo oscilaciones de R_n , por lo que no fue un día bien despejado, además es el que reporta mayor valor de 523.1 Wm^{-2} y el menor valor lo reporta el día 169 DDT con un valor de -68.5 Wm^{-2} .

El comportamiento de los días bien soleados son similares con lo reportado por Serrato, (1996) al reportar valores de radiación media diaria considerando al planeta en su conjunto es de 440 Wm^{-2} .

En esta etapa la planta ya había alcanzado su máxima cobertura presentando valores de índice de área foliar de 1.66 y una altura de 62.25 cm y un diámetro de 1.58 cm por eso se nota como disminuyo unos 20 Wm^{-2} .

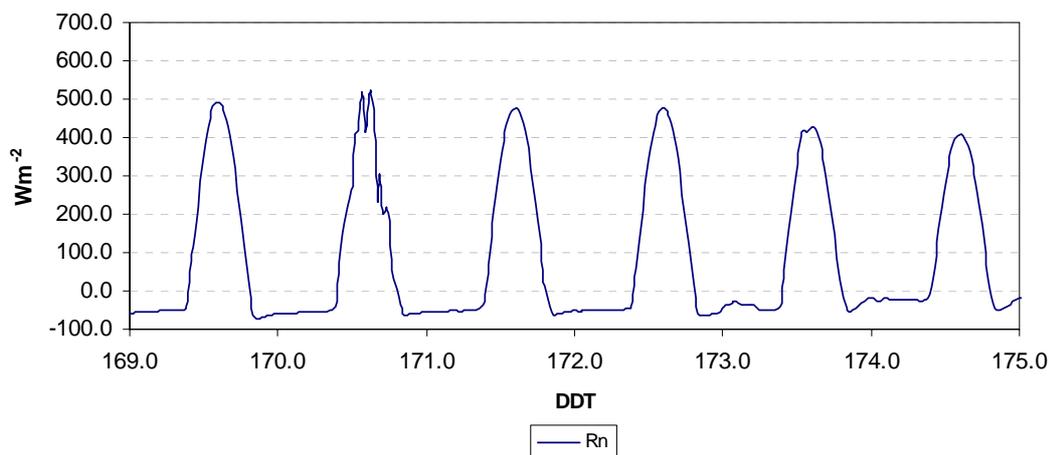


Figura 4.4 Radiación neta para un cultivo de Chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de cosecha.

Realizando un análisis de las cuatro etapas fenológicas, se aprecia que en las tres primeras etapas nos reporta un rango mayor de Rn que comprende entre los 500 a 619 Wm^{-2} aproximadamente, a diferencia de la última etapa disminuyó su rango máximo en los días bien soleados a un rango de 491.7 Wm^{-2} , esto se debe a que en esta última etapa la planta ya había alcanzado su máxima cobertura de área foliar. El acolchado influyó ya que el acolchado blanco refleja un 65 a 75 % de radiación, (Ramírez, 1996).

Los valores más bajos tienen un comportamiento similar ya que no rebasan más de -80 Wm^{-2} , se puede apreciar que algunos días estuvieron bien soleados sin oscilaciones y otros días existieron fluctuaciones no era un día bien despejado.

De manera general los valores de radiación neta fluctúan entre 619 Wm^{-2} y -71 Wm^{-2} en comparación con lo reportado por Munguia, (2000), trabajando con acolchado negro en el cultivo de melón reporta valores de 490 Wm^{-2} y 4 Wm^{-2} . Esto se debe al sitio experimental en donde se establecieron Munguia (2000) realizó el experimento en Paila Coahuila y el presente trabajo en Saltillo Coahuila.

4.2. Relación de Evapotranspiración Vs Radiación Neta

Se analizó el comportamiento de la evapotranspiración acumulada y los $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}$ de la radiación neta total diaria acumulada.

En la figura 4.5 se aprecia que a medida que la radiación neta acumulada se incrementa de igual manera se incrementa la evapotranspiración, se observa que tienen una relación directamente proporcional, a mayor radiación neta acumulada mayor será la evapotranspiración.

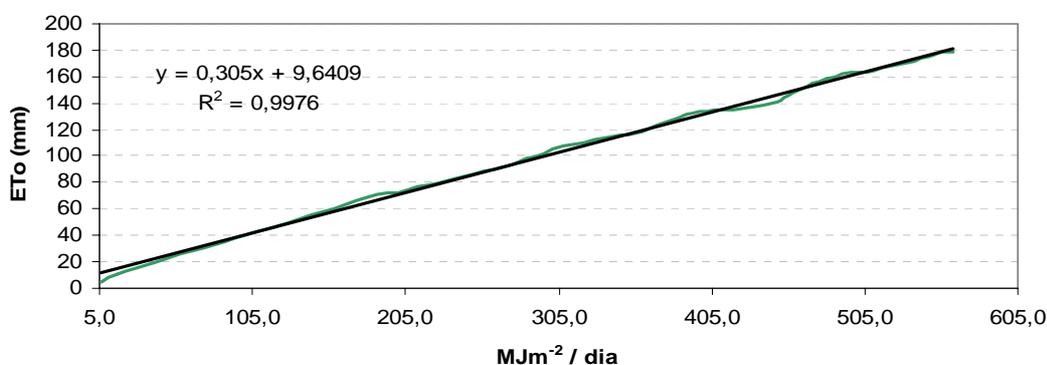


Figura 4. 5 Relación de la evapotranspiración y los $\text{MJ m}^{-2} / \text{día}$ de la radiación neta acumulada

4.3. Flujo de Calor en el Suelo

Se analizó el comportamiento de flujo de calor en el suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo entre las camas a la profundidad de 8 cm, de igual manera se seleccionó 5 días más representativos de cada etapa fenológica.

La figura 4.6 corresponde a la etapa fenológica de floración, se aprecia que el flujo de calor tiene la misma tendencia en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada, reportando valores mayores en el pasillo que en la cama acolchada, se debe a que en la cama acolchada tiene un 19 % más de humedad que en la parte del pasillo siendo un 8% mayor de

flujo de calor en el pasillo para esta etapa, los mayores valores de flujo de calor hacia el interior del suelo se encuentran en las horas de mayor incidencia de radiación en la parte acolchada, esto coincide con lo reportado por Blanco, (2000) el color del plástico influye ya que refleja un 65 a 75 % de radiación Ramírez, (1996) entonces la mayor radiación neta lo ejerce la parte del pasillo. El flujo de calor en la parte acolchada y en la parte del pasillo es un 5 % de la radiación neta esto coincide con lo reportado por Mesearch, (1999) que dice que el flujo de calor en el suelo frecuentemente puede consumir del 5 al 15 % de la energía proveniente de la radiación neta. En esta etapa no se tenía datos de índice de área foliar.

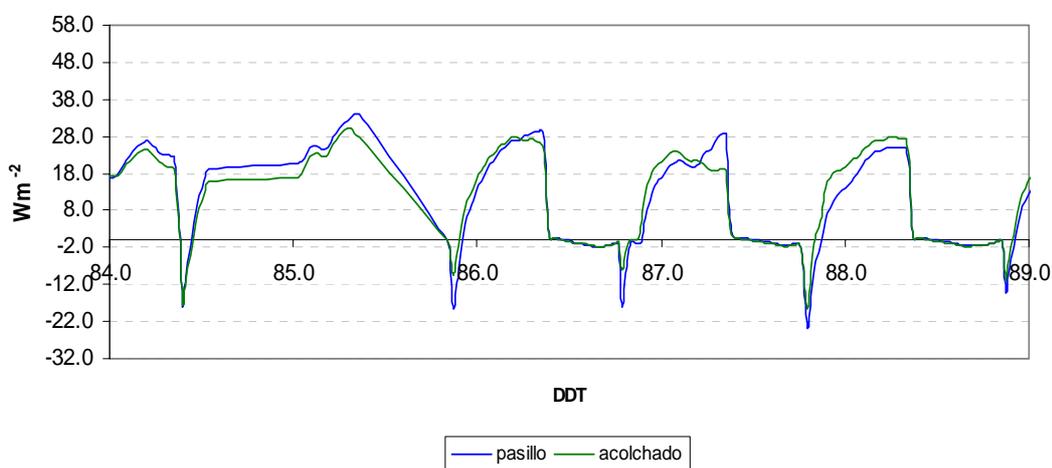


Figura 4.6 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de floración.

La figura 4.7 corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos, se aprecia que existe mayor flujo de calor en la parte del pasillo entre las camas al igual que la primera etapa del cultivo, pero conservan la misma tendencia, ya que el contenido de humedad en la parte del pasillo es de 26 % para esta etapa fenológica en cambio en la parte acolchada genera su propio microclima de tal manera que existe mayor contenido de humedad reporta un valor promedio de 36 %. De tal manera que en la parte del pasillo reporta un 32 % más de flujo de calor que en la cama acolchada. Estos valores no concuerdan con lo reportado por Munguia (2004) ya que el

reporta mayores incrementos de flujo de calor en la cama acolchada esto se debe al color negro del acolchado que utilizo para el experimento absorbe el 95 % y refleja el 5 %.

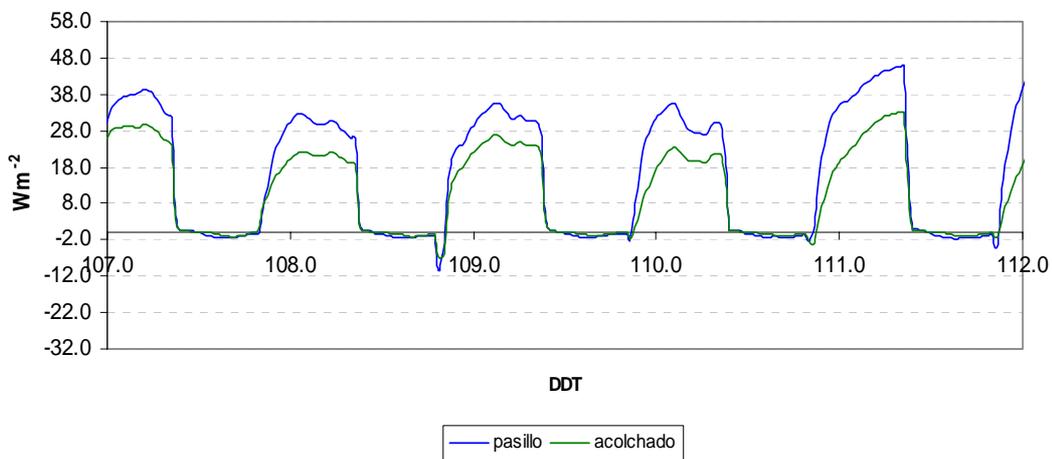


Figura 4.7 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de amarre de frutos.

La figura 4.8 corresponde a la etapa fenológica de llenado de frutos, se aprecia que tienen la misma tendencia en ambos casos dando mayores valores en la parte del pasillo entre las camas esto se debe como ya se ha mencionado en las otras etapas que en la parte del pasillo tiene el menor contenido de humedad y en cambio en la parte acolchada tiene mayor contenido de humedad un 19 % mas de igual manera el color del plástico tiene influencia ya que no permite el paso de mayor radiación ya que refleja un 65 a 75 % de la radiación solar Ramírez, (1996).

En el día 146 DDT se observa que en la cama acolchada y en la parte del pasillo reportan un mayor valor siendo mayor en la parte del pasillo un 19% mas esto se da en las horas de mayor radiación solar.

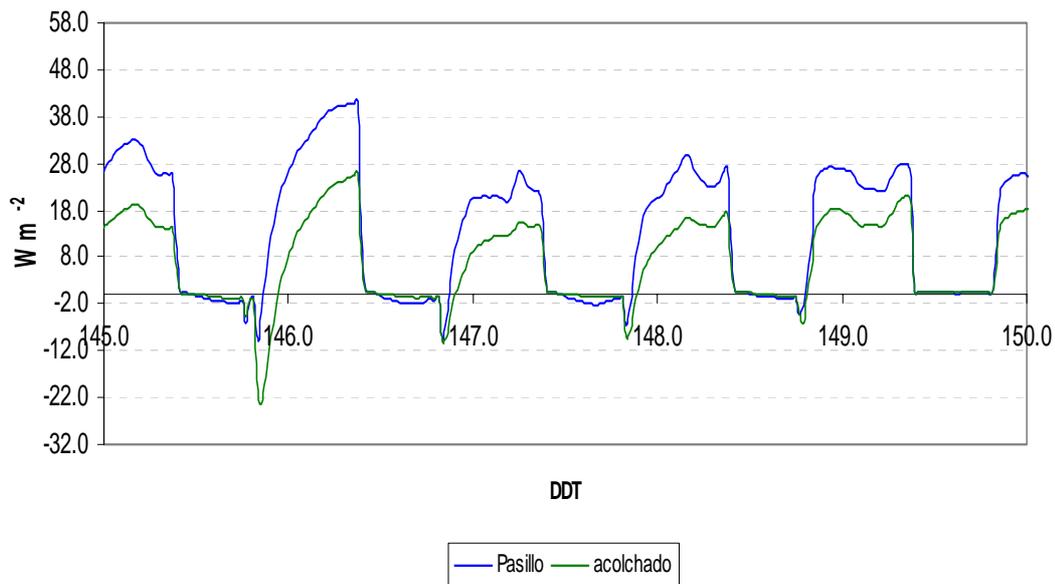


Figura 4.8 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de llenado de frutos.

La figura 4.9 corresponde a la etapa fenológica de cosecha, se observa que tienen la misma tendencia en la parte del pasillo y en la cama acolchada reportando mayor valor de flujo de calor en la parte del pasillo que en la parte acolchada un 49 % más en la parte del pasillo en esta última etapa el cultivo ya había alcanzado su mayor cobertura dando un valor de índice de área foliar de 1.6. Por eso no permitía el paso de mayor radiación en la cama acolchada. El flujo de calor para esta etapa representa un 9.5 % de la radiación neta concuerda con lo reportado por Mearch, (1999) que el flujo de calor consume un 5 a 15 % de la radiación neta.

Al tener valores positivos el comportamiento del flujo de calor es hacia la superficie del suelo pero si tenemos flujos negativos el flujo de calor es hacia el interior del suelo ya que el flujo de calor se mueve de capas más calientes a capas más frías.

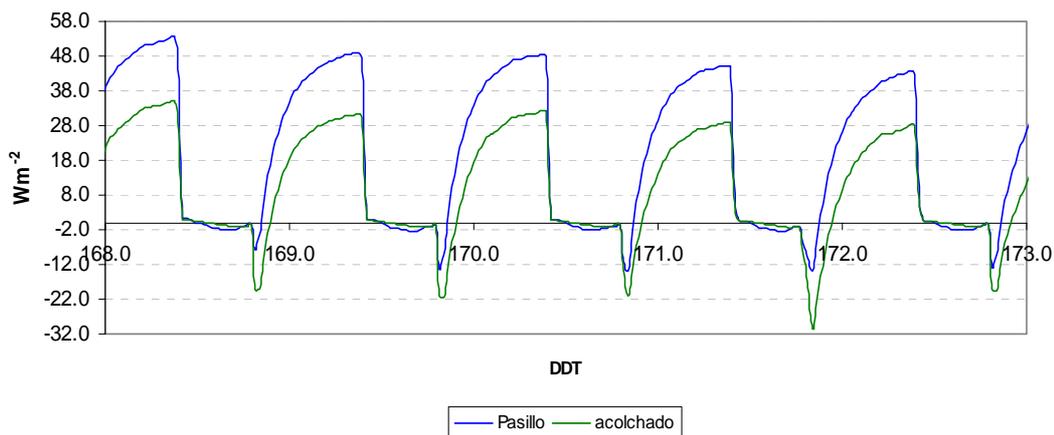


Figura 4.9 Comportamiento de flujo de calor en suelo en la cama acolchada y en la parte del pasillo con plástico blanco medido a 8 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim comprende la etapa fenológica de cosecha.

Comparando las cuatro etapas fenológicas del comportamiento de flujo de calor en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada, se puede apreciar que tienen la misma tendencia en la parte del pasillo y en la cama acolchada, dando mayores valores de flujo de calor en la parte del pasillo se debe a que en esa parte no hay plantas y el suelo tiene una capacidad calorífica alta entre 800 y 2000 J / kgK lo que significa que es un buen acumulador de calor y una baja conductividad térmica que hace que la penetración del calor en el suelo sea lenta y el contenido de humedad es menor, en cambio en la parte acolchada arroja valores menores porque se le está aplicando riego de acuerdo a la capacidad calorífica del agua que es de 4,18 kJ/Kg °C necesita mayor cantidad de calor para elevar su temperatura como el acolchado no permite mucho paso de radiación por eso nos reporta valores bajos de flujo de calor y el contenido de humedad es mayor y también se debe al color blanco del acolchado que se utilizó que de acuerdo a sus propiedades de reflectancia refleja entre un 65 a 75 % de radiación Ramírez, (1996).

Se aprecia que conforme la planta se va desarrollando mayor es el movimiento de flujo de calor hacia la superficie del suelo se debe a que la planta necesita más calor en esa etapa para tener un mejor desarrollo.

Los valores mayores reportados en este trabajo con acolchado blanco tanto como positivos como negativos en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada son: en la cama acolchada (+ 35.27 y -30.43 Wm^{-2}) en la parte del pasillo (+ 53.85 y -23.376 Wm^{-2}) en comparación con lo reportado por Munguia, (2000), al utilizar acolchado color negro los valores son: en la cama acolchada (+ 68 y -207 Wm^{-2}) en la parte del pasillo (+ 67 y -209 Wm^{-2}) se observa que Munguia (2000) reporta mayores cantidades que en el presente trabajo se debe a los colores de acolchado utilizados ya que el acolchado blanco tiene la mayor reflexión de 65 a 75 % y en cambio el acolchado negro absorbe el 95% y refleja el 5 % y casi no transmite radiación solar una gran parte de energía absorbida puede ser transferida al suelo por conducción si es que existe un buen contacto entre el suelo y el plástico Ramírez (1996) para los dos casos en la parte del pasillo se encuentra mayor movimiento de flujo de calor hacia la superficie del suelo.

4.4. Temperatura del Suelo

Se analizara el comportamiento de la temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada para ello se seleccionaron 5 días mas representativos de cada etapa fenológica perteneciente.

La figura 4.10 corresponde a la etapa fenológica de floración se observa que tiene la misma tendencia en la cama acolchada y en la parte del pasillo entre las camas reportando mayor valor en la parte acolchada esto es porque la planta no tiene su máxima cobertura de área foliar no cubre la mayor parte del acolchado en esta etapa no se tenía datos de área foliar ni de altura y diámetro de tallo de la planta, el mayor valor de T_s en la parte acolchada se encuentra en el día 88 DDT reportando un valor de 36.47 °C y el menor en el día 91 DDT con un valor de 8.5 °C en cambio en al parte del pasillo el mayor se encuentra en los días 89 DDT con un valor de 35.04 °C y el valor menor se encuentra en el día 91 DDT con un valor de 8.84 °C

también se puede apreciar que existe mayor temperatura del suelo en las horas de mayor radiación que es de 619 Wm^{-2} para esta etapa fonológica, ya que la T_s responde a las condiciones ambientales de Radiación neta, temperatura del aire y cobertura de la planta. También esta influenciada por el contenido de humedad del suelo.

Estos valores son similares con lo reportado por Decoteau, (1988) al evaluar diferentes colores de acolchados en el cultivo de tomate. En acolchado blanco reporta un valor de $29.8 \text{ }^\circ\text{C}$,

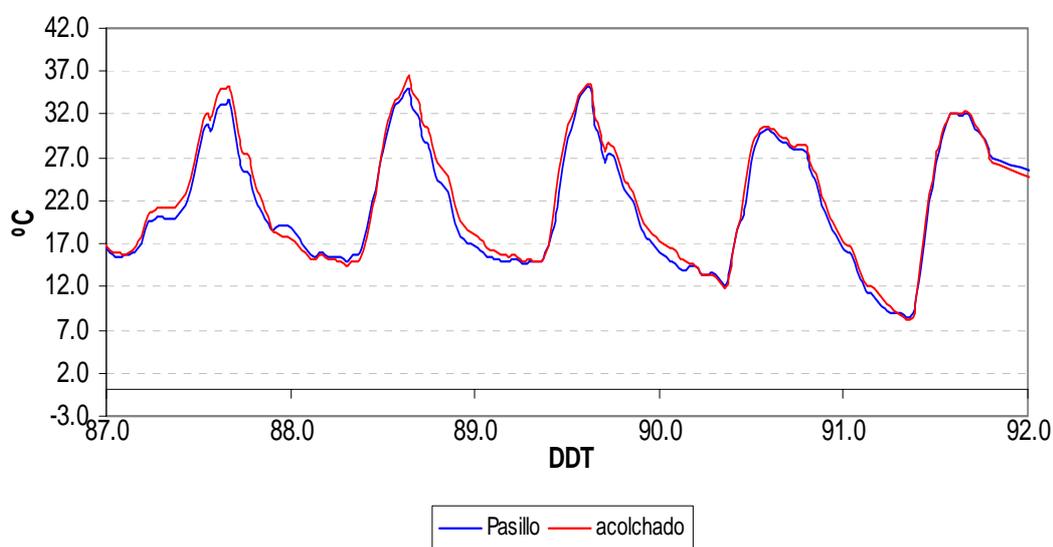


Figura 4.10 Comportamiento de Temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de floración.

La figura 4.11 corresponde a la etapa fenológica de fructificación se observa que tienen la misma tendencia, en comparación con la primera etapa la temperatura del suelo en la parte del pasillo va aumentando y en la cama acolchada va disminuyendo debido a que la planta se va desarrollando y va obteniendo mayor área foliar en esta etapa el área foliar ya tenía un valor de 0.17 m^2 con una altura de planta de 48.83 cm. también se debe a que en la cama acolchada tenía un contenido de humedad de 19

% mayor que la de la parte del pasillo, el acolchado color blanco no permite el calentamiento del suelo.

El valor mas alto de la parte acolchada se encuentra en el día 108 DDT reportando un valor de 28.45 °C y el valor menor en el día 111 DDT reportando un valor de 9.31 °C y en la parte no acolchada el máximo se encuentra en el día 108 DDT con un valor de 30.87 °C y el menor se encuentra en el día 111 DDT con un valor de 7.12 °C. Estos valores son similares con lo reportado por Splittstoesser y Brown (1991), al mencionar que las temperaturas en suelos acolchados son de 2 a 10 °C más altas, comparadas con el testigo.

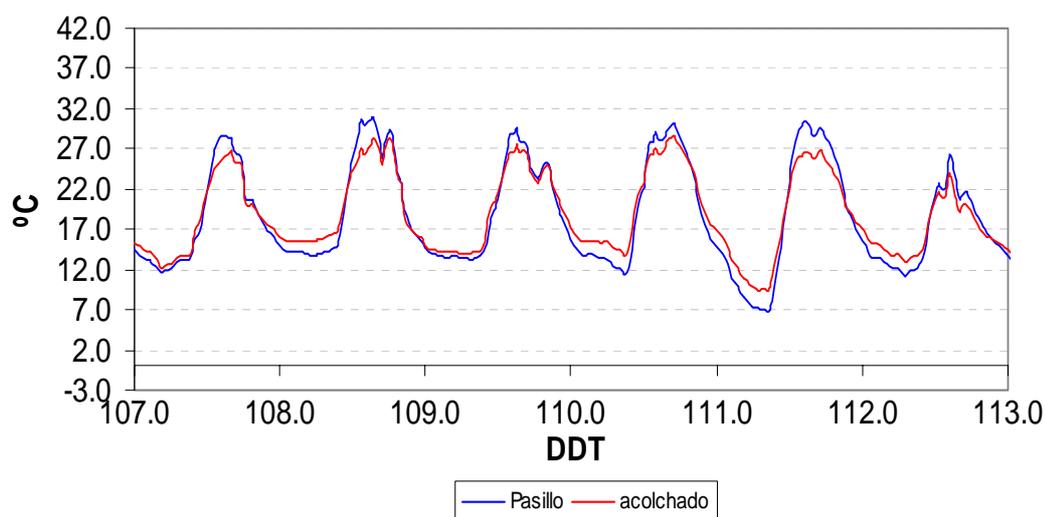


Figura 4.11 Comportamiento de Temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos.

La figura 4.12 corresponde a la etapa fenológica de llenado de frutos es cuando la planta presenta mayor área foliar, y la temperatura del suelo (T_s) en acolchado va disminuyendo y en la parte del pasillo es mayor debido a que el follaje del cultivo no sombrea esta parte de la cama y por lo que no le impide el paso de radiación hacia el suelo en esta etapa la radiación neta mayor oscilaba entre los 500 y 600 Wm^{-2} por eso en la parte del pasillo reporta mayor temperatura con un 10 % mas que en la cama acolchada, los

valores altos de temperatura se encuentran en las horas de mayor radiación que es como a las 13:00 y a las 15:00 hrs. Se observa que en ambos casos tienen la misma tendencia de T_s existe una diferencia de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la parte del pasillo y en la cama acolchada. Esta diferencia concuerda con lo reportado por Martínez, (1997) al evaluar la influencia de acolchados en la temperatura del aire encontró una variación de $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en acolchado negro y transparente a la profundidad de 50 y 100 mm.

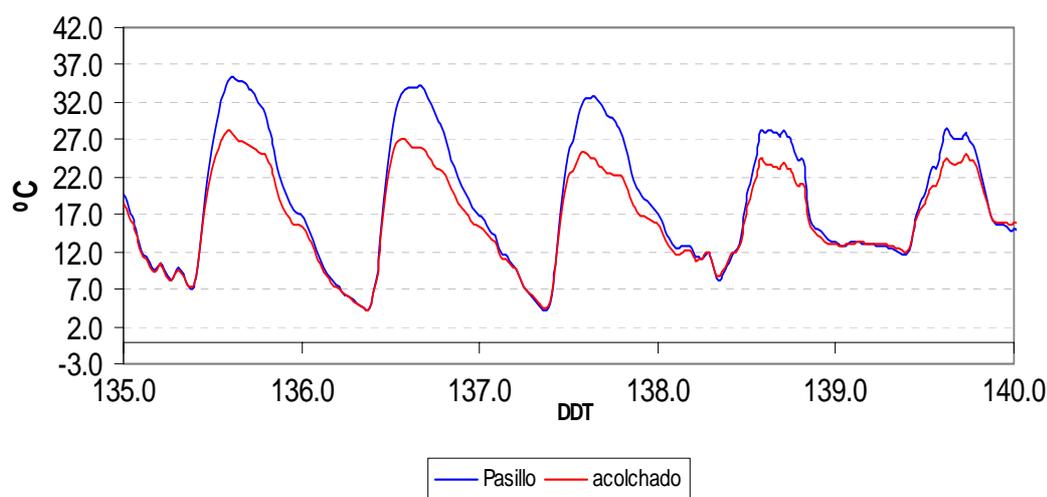


Figura 4.12 Comportamiento de Temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de llenado de frutos.

La figura 4.13 corresponde a la etapa fenológica de cosecha en esta etapa ya ha alcanzado su mayor cobertura dando un índice de área foliar de 1.66 se aprecia que la T_s en la cama acolchada y en la parte del pasillo tiene la misma tendencia de igual manera dando mayores valores en la parte del pasillo en la parte acolchada se aprecia como la temperatura desciende en los días 170 y 173 DDT reportando un valor de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, los valores menores en acolchado se debe a que la planta en esta etapa ya alcanzo su máxima área foliar y también debido al color blanco del acolchado ya que refleja un 65 a 75 % de radiación Ramírez, (1996). La diferencia de temperatura en la parte acolchada y en la parte del pasillo es de 1.5 % y de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, de tal manera que no existe mucha variación de temperaturas los valores mayores de

temperatura se tiene en las horas de mayor radiación es de 13:00 y 15:00 hrs. En la cama acolchada el mayor valor promedio es de 35.12 °C y el valor mas bajo es de -0.5 °C, estos valores son similares a lo reportado por Blanco (2000) a la profundidad de 25 mm encontró una temperatura máxima puntual de 40 °C y un mínimo de 18 °C, pero este fue con acolchado color negro.

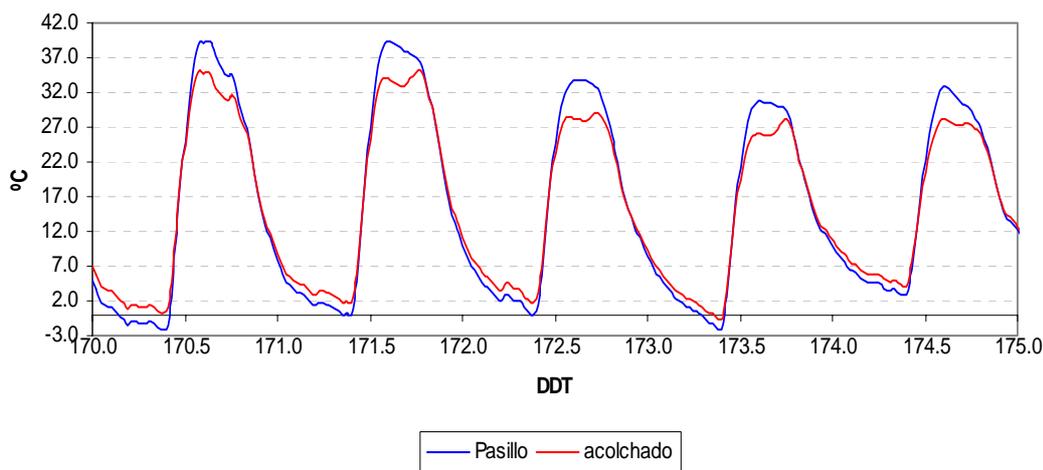


Figura 4.13 Comportamiento de Temperatura del suelo promedio medida a 2 y 6 cm de profundidad en el cultivo de Chile anaheim en la parte acolchada de color blanco y en la parte del pasillo que corresponde a la etapa fenológica de cosecha.

Analizando las cuatro etapas fenológicas de temperatura del suelo en la parte acolchada y en la parte del pasillo entre las camas se puede apreciar que tienen la misma tendencia en ambos casos en la primera etapa se observa como en acolchado se tiene mayores valores que en la parte del pasillo y a partir de la segunda etapa fenológica hasta la última etapa fenológica se invierte dando mayores valores de temperatura del suelo en la parte del pasillo esto se debe a que en la parte acolchada la planta se va desarrollando y va obteniendo mayor área foliar, también se debe al color blanco del acolchado que se utilizó ya que refleja un 65 a 75 % de radiación, pero en la última etapa de cosecha de Ts nos reporta valores negativos el cual indica que ese día se presentó un frente frío. Los valores máximos de

temperatura del suelo se encuentran en las horas de mayor radiación que serian como las 13:00 y 15:00 hrs.

Los valores mayores de T_s fluctúan entre 25 a 35 °C en la parte acolchada y en la parte del pasillo.

El flujo de calor en el suelo es importante porque la cantidad de calor que se mueve en un suelo afecta la temperatura del suelo. De manera general el comportamiento del flujo de calor en el suelo en la parte del pasillo se observa que reporta mayores valores que en la cama acolchada de tal manera que la temperatura del suelo también es mayor en la parte del pasillo.

Blanco (2000) evaluando diferentes tiempos de acolchados con diferentes tratamientos que consistieron en acolchado las 24 hrs, acolchado de día, acolchado de noche y sin acolchado en el periodo 15 a 17 días después del transplante a las profundidades de 25, 50, 100 y 150 mm el registro máximo fue para el tratamiento con acolchado color negro a las 24 hrs a la profundidad de 25 mm con un valor de 40 °C máximo y un mínimo de 18 °C En cambio en este trabajo se reporta valores máximos en acolchado de color blanco de 36.47 °C y un mínimo de -0.54 °C a una profundidad promedio de 4 cm. esto se debe al color del plástico utilizado.

4.5. Temperatura de Aire

Se analizo el comportamiento de temperatura del aire en la parte del pasillo entre las camas y en la cama acolchada medida a 10 y 20 cm de altura en las diferentes etapas fenológicas.

En la figura 4.14 corresponde a la etapa de floración se aprecia que siguen la misma tendencia en la parte acolchada y en la parte del pasillo a las alturas de 10 y 20 cm reportando mayores valores de T_a en al cama acolchada a la altura de 10 cm y en la parte del pasillo se reporta la mayor temperatura a 20 cm de altura en al parte acolchada se reporta mayores

valores a 10 cm de altura debido a que el plástico refleja radiación y se calienta mas en esa parte a comparación en la parte del pasillo no tiene acolchado ni plantas por eso existe valores mas bajos.

En la parte acolchada y en el pasillo a las alturas de 10 y 20 cm existe una diferencia entre 0.1 a 0.9 °C no existe diferencia significativa.

Existiendo una diferencia de temperatura del aire de 9.8% mas alta en la cama acolchada que en la parte del pasillo, en un rango de 14 a 32 °C en ambos casos esto concuerda con lo reportado por Ham et al (1993) quienes reportaron que las temperaturas de algunos acolchados alcanzan mas de 60 °C en días despejados y logran superar la del aire hasta por 25 °C.

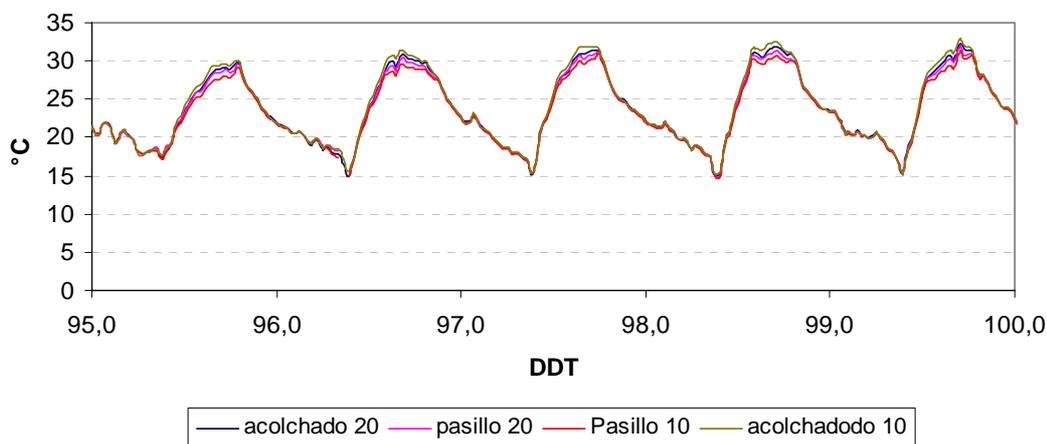


Figura 4.14 Comportamiento de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de floración.

La figura 4.15 corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos se aprecia que sigue la misma tendencia en la parte acolchada y en la parte del pasillo a las alturas de 10 y 20 cm de tal manera reportando mayores valores en la parte acolchada a la altura de 10 cm y en cambio en la parte del pasillo el valor mayor lo reporta a la altura de 20 cm el cual la diferencia que existe entre ambas es de 0.1 a 1 °C .

En esta etapa los valores mayores fluctúa entre 30.4 a 31.4 °C para las 2 alturas, en la parte del pasillo y en la cama acolchada y los valores mayores se da a las 13:00 y 15:00 hrs es similar a lo reportado por (Torres,

2004) evaluando respuestas del melón a la modificación microambiental para el uso de acolchados fotoselectivos encontró que la temperatura del aire era mayor en las horas de 13:00 y 14:00 hrs y las menores temperaturas a las 7:00 hrs.

Como la planta cubre la mayor parte de la cama acolchada por eso se debe a que se encuentra valores más altos a la altura de 10 cm en la cama acolchada y también por estar cerca del acolchado el sensor.

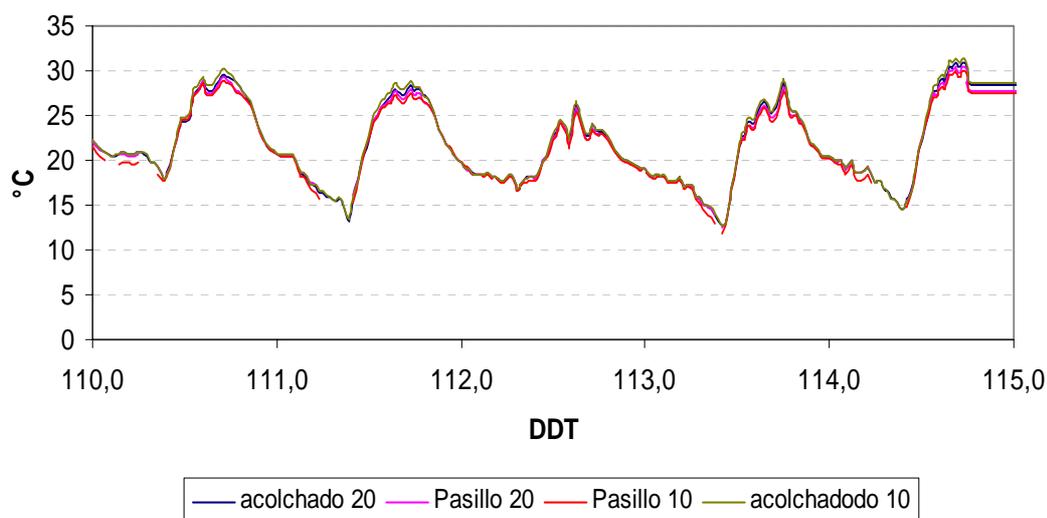


Figura 4.15 Comportamiento de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de amarre de frutos.

La figura 4.16 comprende la etapa fenológica de llenado de frutos de igual forma tienen un similar comportamiento de temperatura del aire en la parte del pasillo y en la cama acolchada variando un 1 a 1.5 °C mas en la cama acolchada los datos son similares a lo reportado por Díaz y Lira, (1986) reportan, que La cubierta de plástico negro incrementa la temperatura del aire hasta una altura de 25 cm sobre la superficie del suelo durante las horas mas calientes del día (13:00 y 18:00). Este incremento en la temperatura del aire fue de 5 a 7 °C mayor sobre la superficie con plástico negro que sobre la superficie del suelo desnudo.

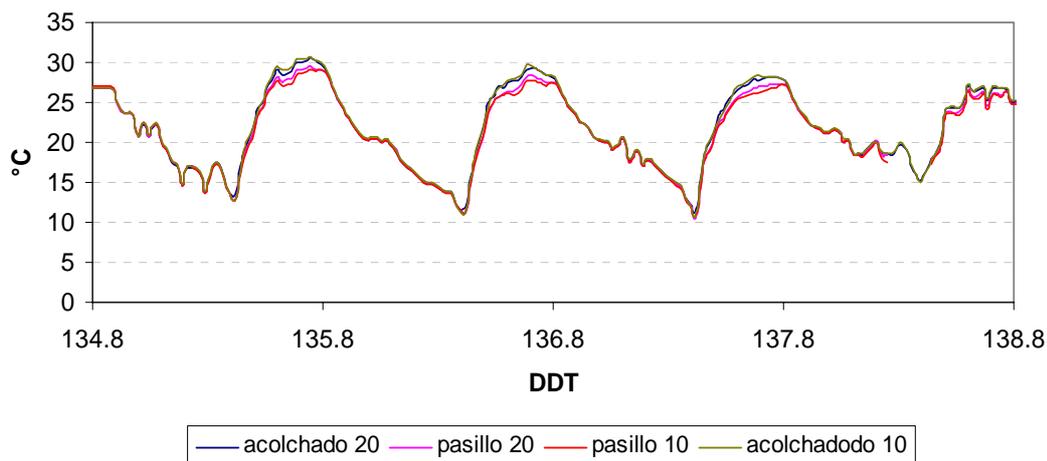


Figura 4.16 Comportamiento de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de llenado de frutos.

La figura 4.17 corresponde a la etapa fenológica de cosecha se aprecia que tienen la misma tendencia dando mayores valores en la parte acolchada a las alturas de 10 y 20 cm de altura para esta etapa la planta ya tiene un índice de área foliar de 1.66 y una altura de 62.25 cm y un diámetro de 1.58 cm. y en la parte de suelo se presenta los mayores valores a la altura de 20 cm. Para esta última etapa el rango en el cual se comportaron las temperaturas mayores y menores en la cama acolchada y en la parte del pasillo es de 2 a 35 °C. resultados que concuerdan con Ham et al, (1993) quienes reportaron que las temperaturas de algunos acolchados alcanzan más de 60 °C en días despejados y logran superar la del aire hasta por 25 °C. y la temperatura del aire es mayor a las 13:00 y 15:00 hrs resultados similares reportado por Torres, (2004) evaluando respuestas del melón a la modificación microambiental para el uso de acolchados fotoselectivos encontró que la temperatura del aire era mayor en las horas de 13:00 y 14:00 y las menores temperaturas a las 7:00 de la mañana.

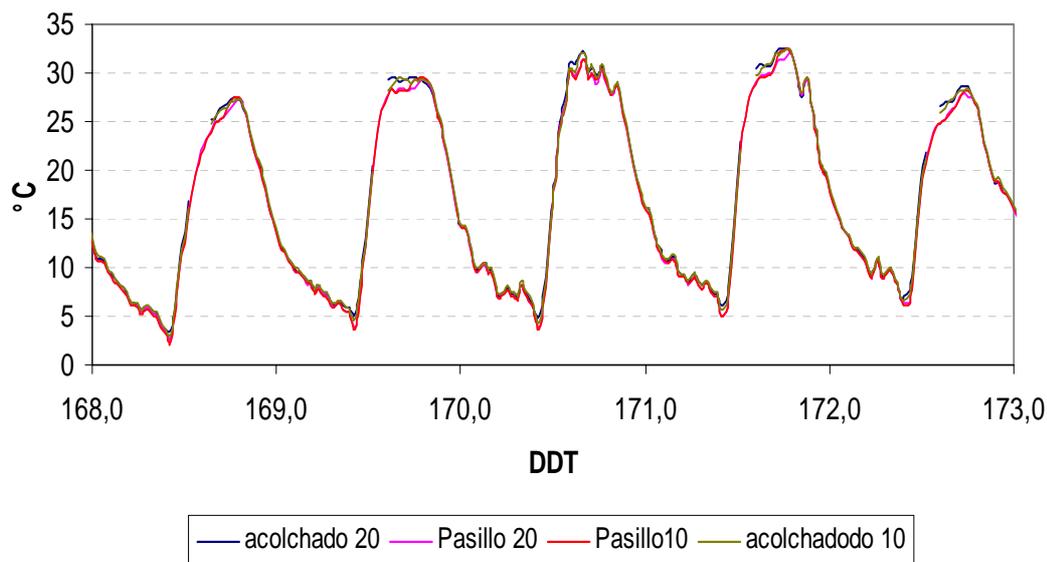


Figura 4.17 Comportamiento de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura en la superficie acolchada y en la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco en la etapa fenológica de cosecha.

4.6. Diferencia de Temperatura de Aire a 10 y 20 cm de Altura

Para realizar un mejor análisis de temperatura del aire se sacara la diferencia de 20 – 10 cm de altura para saber a que altura existe mayor temperatura del aire en las diferentes etapas fonológicas.

En la figura 4.18 corresponde a la etapa fenológica de floración se observa que en la parte del pasillo es mayor la temperatura del aire a la altura de 20 cm, en cambio en la parte acolchada se observa que existe mayor temperatura en la altura de 10 cm por estar cerca del acolchado. El rango de variación que tiene es de 0.1 a 0.9 °C en ambos casos.

Los mayores valores de temperatura del aire nos lo reporta en la parte acolchada a las 2 alturas, el rango de variación entre ellas es de 1 a 1.5 °C siendo mayor en la cama acolchada.

Cuando se encuentra valores mas altos en la cama acolchada a la altura de 10 cm el flujo de calor es hacia la superficie del suelo, cuando

existe mayor diferencia de temperatura a la altura de 20 cm en la parte del pasillo se esta acumulando calor existe entrada de radiación.

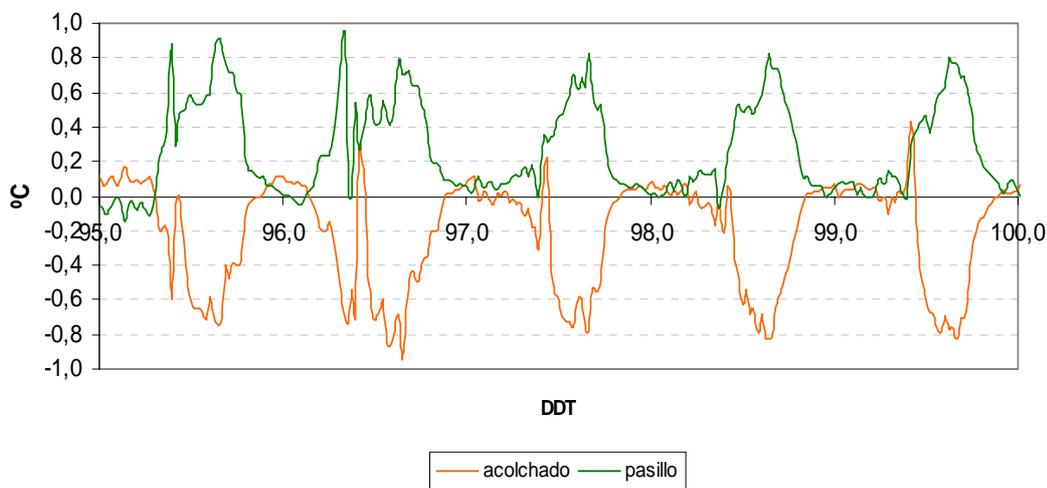


figura 4.18 Diferencia de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenológica de floración.

La figura 4.19 corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos se observa que en la parte del pasillo existe mayor temperatura del aire en la altura de 20 cm y en la cama acolchada existe mayor temperatura en la altura de 10 cm se debe a que esta mas cerca del acolchado y también las mayores temperaturas se da cuando hay mayor radiación solar el rango de variación entre ambas es de 0.1 a .09 °C.

En al parte acolchada existe mayor temperatura debido al color blanco del plástico refleja un 65 a 75 % de la radiación Ramírez, (1996) entonces se calienta mas a las 2 alturas también se debe a que en esta etapa la planta ya tenia un índice de área foliar de 1.06 ya que la radiación reflejada la recibe el envés de las hojas pero no se encuentra mucha diferencia de temperaturas del aire en la parte del pasillo y en la parte acolchada.

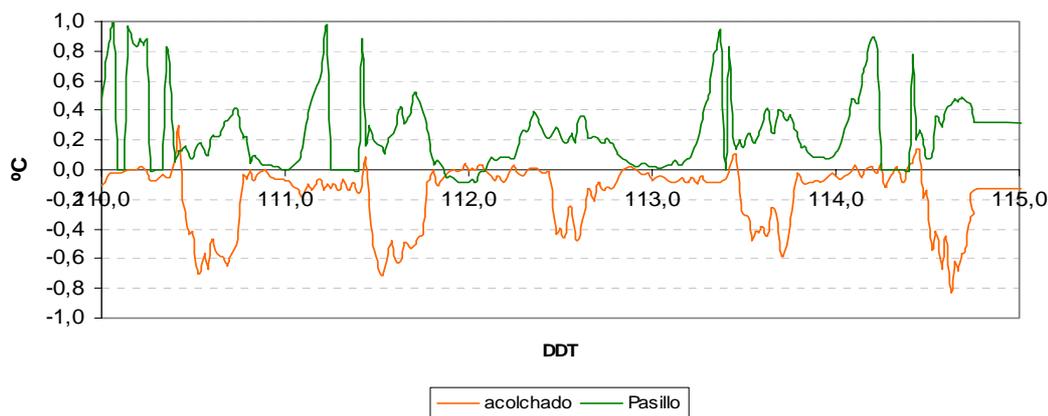


figura 4.19 Diferencia de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenológica de amarre de frutos .

La figura 4.20 corresponde la etapa fenológica de llenado de frutos en esta etapa se puede apreciar que en la cama acolchada existe fluctuaciones de temperaturas a las 2 alturas de 10 y 20 cm esto se debe a que la planta presenta mayor índice de área foliar tenía un valor de 1.2 ya no permite que la radiación se penetre mas y lo que se refleja le llega al envés de la hoja, en cambio en la parte del pasillo se ve como a la altura de 20 cm sigue teniendo mayor temperatura porque no existe planta en esa área.

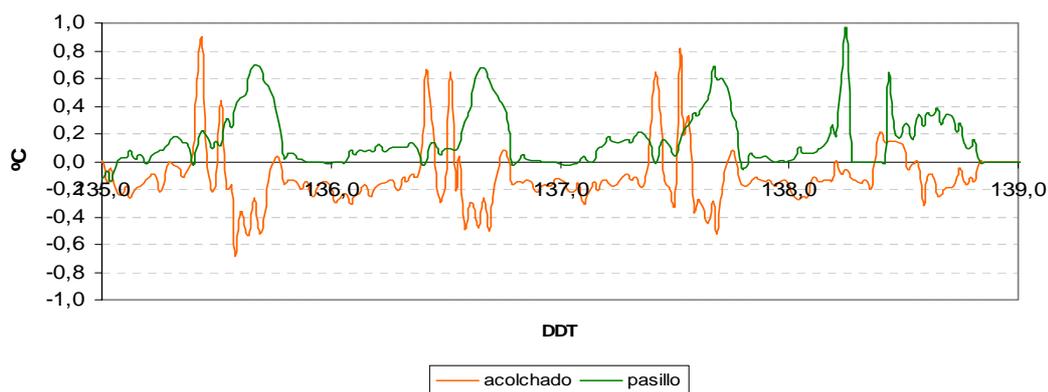


figura 4.20 Diferencia de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenológica de llenado de frutos.

La figura 4.21 corresponde a la etapa fenológica de cosecha en esta etapa la planta ya había alcanzado su cobertura máxima presentando un valor de índice de área foliar 1.6 y una altura de 62.25 cm y un diámetro de 1.58 cm de tal manera se aprecia que existe variaciones en la parte acolchada a las 2 alturas ya no permite el paso directo de la radiación y en la parte del pasillo también existe fluctuaciones será por el efecto de la dirección del viento que para esta época ya eran muy frecuente. En esta etapa la radiación neta disminuyo alcanzo un valor máximo de 491.7 Wm^{-2} .

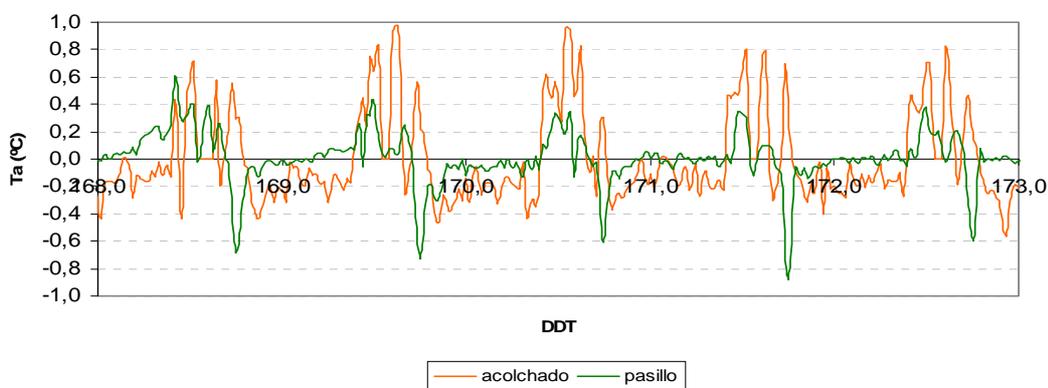


figura 4.21 Diferencia de temperatura del aire medida a 10 y 20 cm de altura de la superficie del acolchado y la parte del pasillo en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco que corresponde a la etapa fenológica de cosecha.

Al realizar el análisis de temperatura de aire a las 2 alturas de 10 y 20 cm en la cama acolchada y en la parte del pasillo nos reporta mayor Ta en la cama acolchada a la altura de 10 cm y en la parte del pasillo a la altura de 20 cm debido a que a la altura de 20 cm en la parte del pasillo existía entrada de radiación hacia el suelo y en cambio en la cama acolchada el flujo de calor se movía hacia la superficie del suelo.

Haciendo un análisis general de temperaturas del aire a las alturas de 10 y 20 cm en la cama acolchada y en la parte del pasillo también de diferencia de temperaturas de 20 – 10 cm de altura se observa que existe mayor temperatura en la parte acolchada y a la altura de 10 cm.

La parte acolchada presenta un 1 a 1.5 °C mas que en la parte del pasillo los rangos de valores mayores de Ta en la cama acolchada y en la parte del pasillo es de 25 a 32 °C esto se da a las horas de mayor radiación

que es de 13:00 y 15:00 hrs, datos similares con lo reportado por Ham et al (1993) quienes reportaron que las temperaturas de algunos acolchados alcanzan mas de 60 °C en días despejados y logran superar la del aire hasta por 25 °C.

En la ultima etapa se ve como fluctúa la diferencia de temperaturas a las 2 alturas esto se debe a que la planta ya estaba en su máxima cobertura de área foliar, en cambio en suelo nos reporta mayor temperatura en la altura de 20 cm.

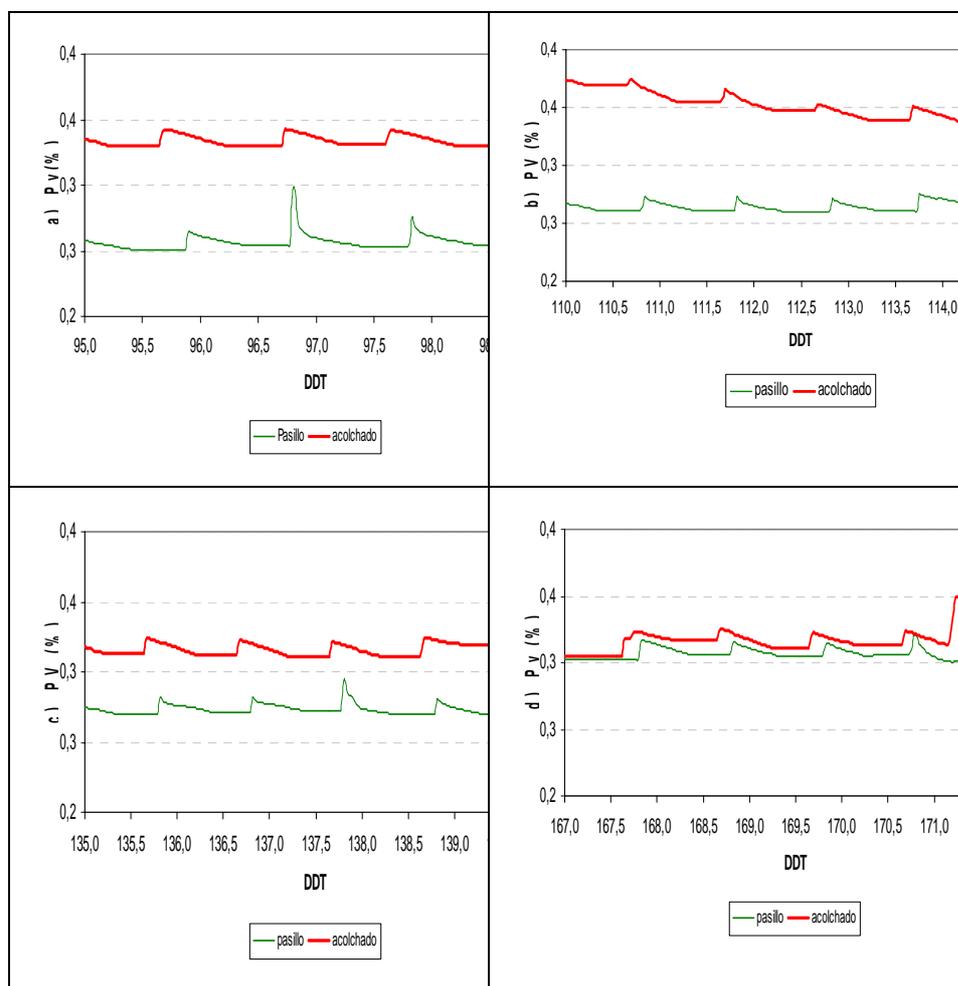
La temperatura del aire puede incrementar la fotosíntesis del cultivo debido a que el estrato inferior de hojas de las plantas reciben una mayor radiación, debido al reflejo ocasionado por el plástico permitiendo de esta manera el incremento en la producción.

4.7. Contenido de Humedad (%)

Se analizo el comportamiento de contenido de humedad para ello se seleccionaron 5 días mas representativos de cada etapa fenológica pero se realizara un análisis general de las 4 figuras como se presenta a continuación.

En las 4 etapas fenológicas del cultivo se observa que se reporta mayor contenido de humedad en la parte acolchada con un 19 % mayor que en la parte del pasillo de tal manera que el acolchado tiene la capacidad de retener mayor humedad, el acolchado disminuye las perdidas de agua por evaporación desde la superficie del suelo, mejorando el balance hídrico de la planta aunque existen perdidas por percolacion, en cambio en el suelo se evapora mas rápido el uso de riego por goteo en conjunto con el acolchado plástico se reduce la perdida de humedad del suelo y decrecen los requerimientos de riego, el sistema de riego que se utilizo es por goteo se regaba con una frecuencia de 2 hrs diarias en la cama acolchada aplicando una lamina diaria de 9.5 mm esta cantidad era nada mas para el área mojada no para todo el terreno. Ya que con acolchado se tiene un ahorro de

agua entre un 30 a 70% existe contenido de humedad en la parte del pasillo pero es lo que le llega de la cama acolchada.



Figuras 4.22 Contenido de humedad en la parte acolchada y en la parte del pasillo medida a una profundidad de 0 - 30 cm en el cultivo de chile anaheim con acolchado blanco que corresponde a las etapas fenológicas de a) Floración b) Amarre de frutos c) Llenado de frutos d) Cosecha

4.8 Lamina aplicada

Se analizara la lámina de riego acumulada para todo el ciclo del cultivo.

La figura 4.23 representa la lámina acumulada que se le aplico y nos muestra una línea de tendencia de manera creciente se le aplico una lamina

de 700 mm. Es similar con lo reportado por Tun, (2001) reporta que el cultivo de chile demanda una cantidad de agua relativamente alta que es de 550 a 700 mm por ciclo sobre todo durante las etapas de floración, fructificación y llenado de frutos.

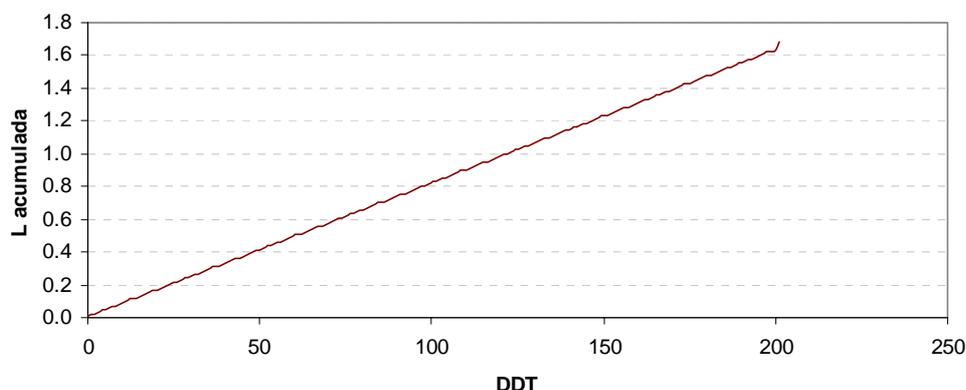


Figura 4.23 Lamina de agua aplicada en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco

4.9. Lecturas de Tensiometros

Analizaremos lectura de tensiometros instalados a profundidades de 30 y 45 cm para ver como se comportaba la humedad del suelo en el cultivo de chile anaheim en la cama acolchada durante el ciclo del cultivo.

En la figura 4.24 se observa el comportamiento de la humedad del suelo a 30 cm con la cantidad de agua que se le aplicaba el cual se realizaba un riego diario de 2 hrs con una lamina aplicada de 8.4 mm se puede apreciar que presenta una tendencia muy variada sacando un promedio de lecturas antes de que se incremente la lecturas tenemos un promedio de 7 KPa indica que el suelo esta saturado, en cambio donde se incrementa como se observa nos da un promedio de 15.5 KPa esto se reporta así porque en ese transcurso de tiempo se suspendió el riego por exceso de agua que se le estaba aplicando en este rango indica que la humedad esta a disposición de la planta todavía con un esfuerzo mínimo.

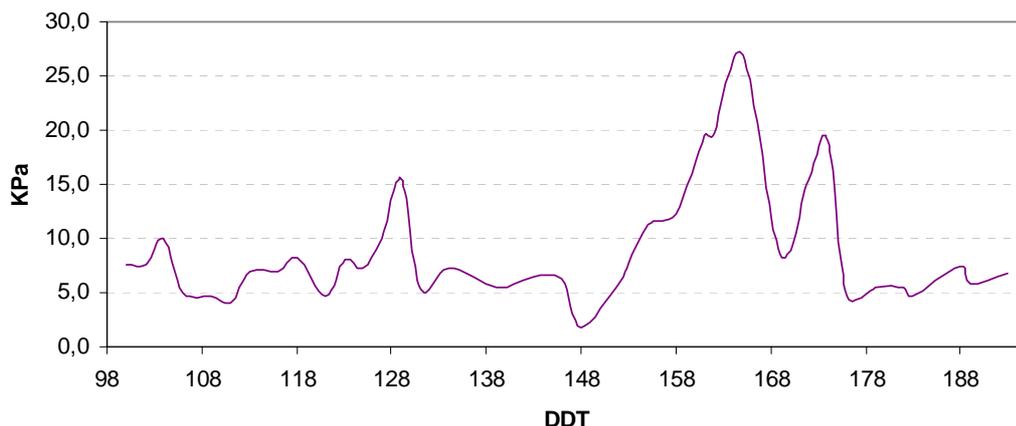


Figura 4.24 Comportamiento de lectura de tensiometro instalado a 30 cm de profundidad en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco.

En la figura 4.25 muestra lectura de tensiometros a 45 cm de profundidad como se puede apreciar que presenta valores mayores que a comparación al de 30 cm donde se incrementa mas nos da un valor promedio de 19 KPa y en promedio de todas estas lecturas nos da un valor de 13 centibares el cual indica que la humedad esta a disposición de la planta con un esfuerzo mínimo nos da a entender que la planta no sufrió de agua aplicada porque estas lecturas deberían de dar mucho mayor a esta profundidad de 45 cm debería estar mas seco por encontrarse a mayor profundidad.

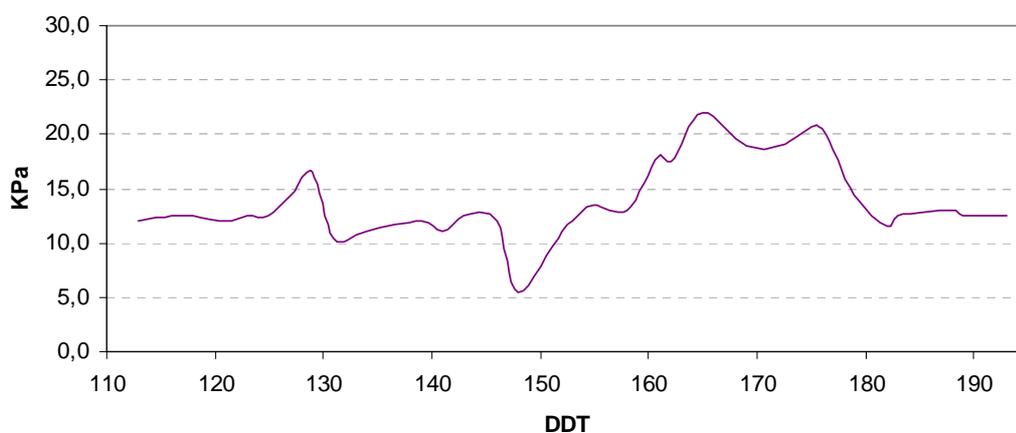


Figura 4.25 Comportamiento de lectura de tensiometro instalado a 45 cm de profundidad en cultivo de chile anaheim con acolchado blanco.

Infoagro (2004) reporta valores de lectura de tensiometros que debería tener el cultivo de pimiento el cual debe de estar instalado el primer tensiometro a 15-20 cm de profundidad y debe reportar lecturas de 11 a 14 KPa y el otro tensiometro debe estar instalado a 30 y 50 cm de profundidad el cual debe reportar valores de 20 a 25 KPa este ultimo tensiometro deberá indicar importantes perdidas por precolación. En este trabajo se reporta un valor promedio de 9 KPa a una profundidad de 30 cm y a la profundidad de 45 cm reporta un valor promedio de 14 KPa.

Comparando las lecturas de tensiometros de infoagro y los de este trabajo se reporta valores menores el cual indica mayor contenido de humedad en este trabajo.

4.10. Índice de Área Foliar

A continuación se analiza el comportamiento de índice de área foliar en el ciclo del cultivo. Para obtener el IAF se saco el área foliar de la planta y se dividió entre el área que ocupa la planta a continuación se presenta la información.

En la figura 4.26 se aprecia el comportamiento del índice de área foliar en el ciclo que duro el cultivo se observa que conforme el cultivo va desarrollándose va incrementando de IAF a comparación con el ultimo dato que nos da mayor IAF es porque en esa fecha ya se había colocado los microtuneles dando un valor de 3.9147.

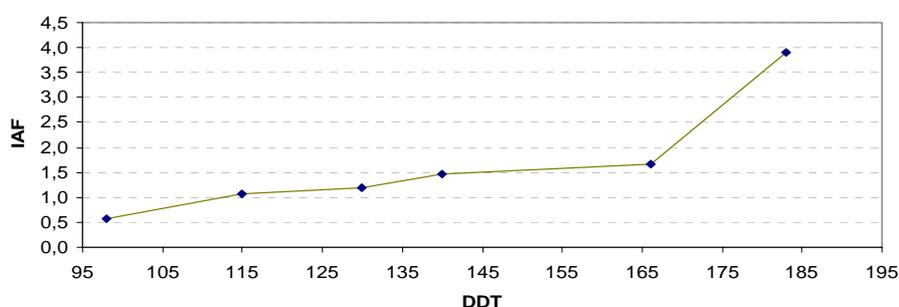


Figura 4.26 Comportamiento de índice de área foliar en el ciclo de cultivo de chile anaheim con acolchado blanco.

4.11. Materia Seca Acumulada total de Tallo, Hoja y Fruto

A continuación se analizara el comportamiento de materia seca total de tallo, hoja y fruto el cual se realizara el análisis del acumulado esto se muestreaba a cada 15 días.

La 4.27 se aprecia el comportamiento de la materia seca acumulada de todo el ciclo del cultivo conforme aumentaba de etapa fenológica el cultivo acumulaba mayor materia seca hasta llegar a un valor total acumulado de 521.77 gr.

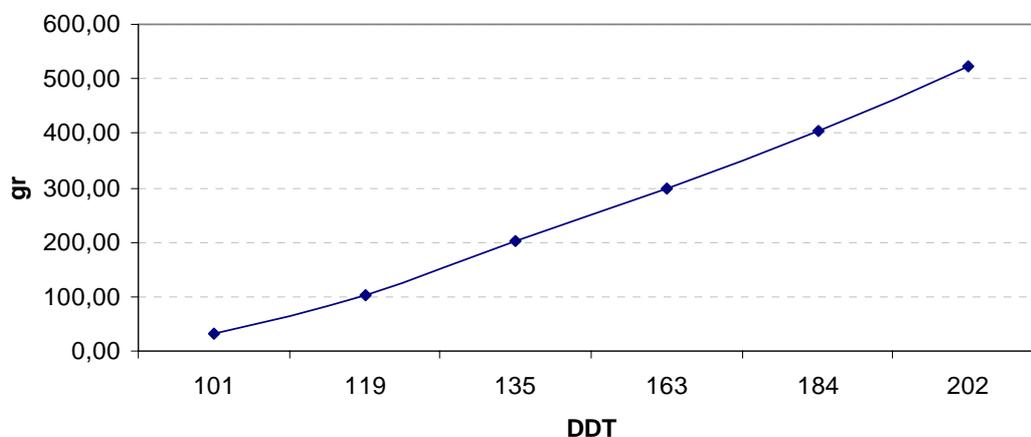


Figura 4.27 Comportamiento de materia seca total acumulada de tallo, hoja y fruto en el cultivo de chile anaheim con acolchado blanco.

4.12. Rendimiento Acumulado Total de Chiles de Buena calidad

Analizaremos el comportamiento del rendimiento acumulado de chiles de buena calidad.

En la figura 4.28 se aprecia el acumulado total de rendimiento de chiles de buena calidad se realizaron 6 cortes en el ciclo del cultivo dando un promedio por cada corte de 3.99 ton/ha de tal manera que nos reporta un acumulado total de 24 ton /ha.

Este resultado comparado con lo que reporta Blanco (2000), es menor Blanco (2000) reporta un valor acumulado de 49.727 Ton/ha, esto se debe a que Blanco (2000) realizo 7 cortes y en este trabajo se realizaron 6 cortes, también se debe a la fecha de siembra blanco transplanto el 8 de mayo y en este trabajo se transplanto el 20 de mayo.

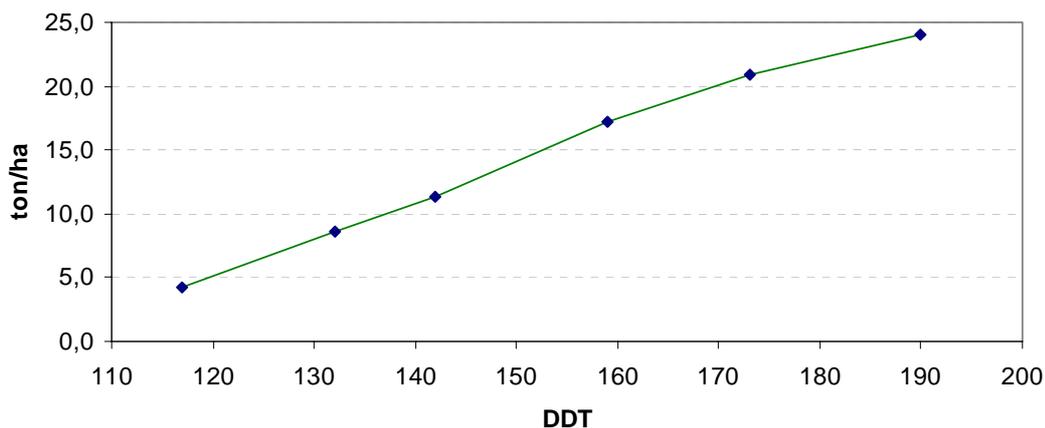


Figura 4.28 Comportamiento de rendimiento acumulado total de chiles de buena calidades en el cultivo de chile anaheim con acolchado plástico blanco.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye que: las características de la película de polietileno de color blanco utilizada en el acolchado afectaron la radiación neta, incrementándose sobre el cultivo de chile.

El flujo de calor fue mayor en la parte del pasillo entre las camas un 10 % más que en la parte acolchada debido a que la parte acolchada genera su propio microclima además el acolchado que se utilizó fue de color blanco no permite mayor paso de radiación.

La temperatura del suelo fue mayor en la sección acolchada al inicio de la etapa de floración por no tener su desarrollo máximo la planta, sin embargo después en las otras etapas fue mayor en la parte del pasillo entre las camas un 5 % más .

La temperatura del aire fue mayor en la sección acolchada un 12 % más que en la parte del pasillo entre las camas sacando el promedio de la cama acolchada y la parte del pasillo, y fue mayor a la altura de 10 cm en la sección acolchada y a la altura de 20 cm en la parte del pasillo.

El contenido de humedad fue mayor en la sección acolchada un 19 % más que en la parte del pasillo entre las camas.

La lámina de agua consumida en el ciclo del cultivo fue de 700 mm .

RECOMENDACIONES

- Para analizar un mejor comportamiento de la radiación neta se debe evaluar simultáneamente en la parte acolchada y en el pasillo de la cama del cultivo para realizar una mejor interpretación.

- En cuanto a los parámetros de temperatura del suelo (T_s), flujo de calor en el suelo (G), temperatura del aire (T_a), contenido de humedad base volumen (P_v), se debe realizar las mediciones al inicio de la siembra para ver su comportamiento y de tal manera hacer un mejor análisis.

LITERATURA CITADA

Adrados B.C., J.L. Gutiérrez E. García Y J.M. Cruz.1983. Estudio de la transmisión a distintas longitudes de onda de filmes plásticos utilizados en el forzado y protección de cultivos. I Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 28 nov.- 1 Dic.Valencia, España.

Alderete y socios. 2000. Diagnóstico y plan estratégico de la industria de la transformación de chile. Resultados en publicación especial sin número.

Allen, R., L. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. 300 p. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.

Anadranistakis M. A. Liakatas, S. Alexandris, S. Aggelides, P. Kerkides, S. Rizos, A. Poulouvassilis. 1997, Soil Heat Flux in the Penman-Monteith Evapotranspiration Equation, II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops.

Aserca. 1998. La producción de chile ancho en Guanajuato y del guajillo en Zacatecas. Claridades agropecuarias. No. 56. México

Badenas, C. y Caselles, V. (1992): "A simple technique for estimating surface temperature by means of a thermal infrared thermometer". International Journal of Remote Sensing, Vol. 13, pp. 2951-2956.

- Baghour, 2001. Influence of root temperature on phytoaccumulation of as, ag, cr, and sb in potato plants (*solanum tuberosum* l. var. spunta) journal volume 36, number 7 / 2001, 1389 – 1401
- Blanco, F.L.C., 2000, Efecto de diferentes tiempos de acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo Y su relación con el rendimiento de Chile Anaheim. Tesis M.C. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila México.
- Bowen, G.D. 1991. Soil temperature, root growth, and plant function. In: Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U., eds., Plant roots: the hidden half. Ch. 15, pp. 309-330. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Calvart, A 1996, Temperature requeriment, of the Young Tomato plant. Acta Horticola 4: 12 – 17.
- Cambell, G.S., C. Calissindorff and J.H Williams.1991. Probe for measuring soil specific heat using a heat- pulse method. Soil Sci. soc. Amer.J. 55:291-293
- Campos-Aranda. D.F. (1992) Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luís Potosí.
- Cárdenas, V.J.M. 1980 el Cultivo de chile en Aguascalientes folleto técnico CAEPAB; Ags, México.
- Cedep. 1999. Una introducción al cultivo de Ají Páprika. Lima Peru Revista Cedep. 15 pp.
- Celis, P.O., 2005, Análisis de crecimiento y rendimiento en chile Anaheim *Capsicum Annuum* L. por efecto de acolchado de suelos y fertilización, Tesis, Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- 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.
- Davis, J.A. and P.H. Buttymor. 1969. Reflection coefficients, heating coefficients, and net radiation at simcoe, southern Ontario. *Agric Meteorol.* 6:373386.
- Davies, J.A. e Idso, S.B. 1979. Estimating the surface radiation balance and its components. In: Barfield, B.J. y Gerber, J.F., eds. *Modification of the aerial environment of plants*. ASAE Monograph No. 2, Ch. 3.3, pp. 183-210. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.
- Davis, G (1980), *Drip system evaluation irrigation*. vol. (5) pag. 14 – 15
- De Vries I.H.C.P, y Wageningen. I.T.T, 1999. The influence of mulch on T° and heat flux in the soil and T° just above the ground in connection with night frost protection. *Symposium plastic on crops, crops under plastics*.
- Decoteau, D. R., M. J. Kasperbauer., D. D. Daniels., and P. G. Hunt. 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Horticulturae* 34: 169-175.
- Diaz, A.G. Lira S. Ricardo H. 1988. Efecto del arropado plástico sobre parámetros físico-químicos del suelo y fisiología de la planta: Memorias del curso uso de películas plásticas como arropado de suelos para la producción agrícola. Centro Nacional de Investigación disciplinaria (RASPA). Gomes Palacio Durango México.
- Dubois, P. 1978. *Plalstic in agriculture*. Applied sciences publ. Ltd .London. pp 265.

- Eltez, R.Z., Tüzel, Y., 1994. The effects of soil solarization on glasshouse tomato growing. *Acta Horticulturae*, 366:339-344. (2nd ISHS Symposium on Protected Cultivation of Solanaceae in Mild Winter Climates, April 13-16, 1993. Adana).
- Farahani, H.J., and W.C. Bausch. 1995. Performance of evapotranspiration models for maize-bare soil to closed canopy. *American Society of Agricultural Engineers. Trans. ASAE* 38: 1049-1059.
- Flores, V.J., 1996, Caracterización agronómica de películas fotoselectivas para acolchado en el cultivo de chile anaheim con fertirrigación, Maestro en Ciencias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Fuchs, M. 1986. Heat flux, p.957-968. In Klute, A. (ed). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods. Agron. Monogr. no9 (Part 1) Amer. Soc Agron, Soil Sci. Soc. Amer, Madison, Wis.*
- García, R. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación de Koeppen. México, 251 p.
- García y Tejada, 2000, La radiación solar y la radiación neta en Mexicali, B.C., propiedades radiactivas, Instituto de ingeniería y facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana y UABC.
- Gates, D.M. 1980, *Biophysical, ecology*. Springer-Verlag New York. 611p.
- Gómez, R.F. 1994. Efecto de películas plásticas fotoselectivas para acolchado de suelos en calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) Cv. Zucchini Gray. Tesis de Licenciatura. Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo. Coahuila

- Grinstein, A., G. Kritzman, A. Hetzroni, A. Gamliel, M. Mor, and J. Katan. 1995. The border effect of soil solarization. *Crop Protection* 14:315-320.
- Guerra, L.M.A. 1995, Tecnologías agrícolas con plásticos. Symposium Internacional, centro de desarrollo tecnológico el "Huevo" Banco de México FIRA.
- Ham, J.M. and G.J: Kluitenberg. and W.J. Lamont, 1993 Optical properties of plastic mulch affect the field temperature regime, *soil hort. Sci* 118: 188-193.
- Ham, J.M. and G.J: Kluitenberg. 1994 Modeling the effect of mulch optical properties and mulch-soil contact resistance on soil heating under mulch culture. *Agric.For.Meteorol.* 7:403-424.
- Hanks, R.J., L.H. Allen, and H.R. Garder. 1971 Advection and evapotranspiration of wide row sorghum in the central great plains. *Agron.J.* 63:520-527.
- Hanks, R.J. 1992. Applied soil physics. Soil water and temperature applications. 2nd ed., Springer-Verlag, New York.
- Hartz, T.K y G.J. Hochmuth. 1996. Fertility management of drip irrigated vegetables. *Hort Technology* 6: 168-172.
- Heibner, L.P. 2004. Comparison of plastic films with different optical properties for soil covering in horticulture: test under simulated environmental conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, Volume 85, Issue 4 , Pages 539 – 548.
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of soil physics. academic Press, Toronto. pp. 217-224.

- Idso, S. B.(1981): "A set of equations form full spectrum and 8 to 14 mm and 10.5 to 12.5 mm thermal radiation from cloudless skies". Water resources research, Vol 17, pp.: 295-304.
- Ibarra, J.L, 2004. Apuntes de la Metería "Acolchado Plástico" de la especialización en agroplasticultura. CIQA. Saltillo, Coahuila, trimestre enero de 2004.
- Ibarra J. L.; Hernández C. F; Munguía L. J.; Cedeño R. B. 2001. Cubiertas flotantes, acolchado plástico y control de mosca blanca en el cultivo de calabacita. Revista Chapingo Serie Horticultura Vol. VII (2)(2001) p. 159
- Ibarra, J.L. y P.A. Rodríguez. 1991. Acolchado de suelo con películas Plásticas. Primera edición. Editorial LIMUSA, México
- Ibarra, L. y Rodríguez, A. 1993, Manual de agro plásticos No.1 CIQA, saltillo Coahuila México.
- Janick, J. 1985, Horticultura científica e industrial. Editorial ACRIBIA, Zaragoza, España.564pp.
- Jensen M.E., R.D. Burman, and R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. Manual and reports on engineers practices No 70. American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, USA. 332 p
- Kimbal, B.A. and R.D. Jackson. 1979. Soil heat flux, p 211-229.In B.J. Barfield and J.F: Berger (eds).Modifications of the Aerial Environment of planted. Monogr.No2.Amer.Soc.Agric.Eng. St Joseph. Mich.

- Kumar, A.P.L Ram N. Karambir, S, 2001, Net solar radiation evaluation from remotely sensed multispectral data over wheat crop. Agricultural Science Digest, 2001, Vol. 21, No. 4, pp. 223-225
- Kumar, A.P.L Ram N. Karambir, S. 2002, Net radiation evaluation from remote multi band and meteorological data over wheat crop. Agricultural Science Digest, 2002, Vol. 22, No. 4, pp. 240-242.
- Kjelgaard J., C. Stockle, J. Villar Mir, R. Evans and G. Campbell. 1994. Evaluating methods to estimate corn evapotranspiration from short-time interval weather data. American Society of Agricultural Engineers. Trans. ASAE. 37:1825-1833.
- Lamont, W.J. 1993. Plastics mulches for the production of vegetable crops. Hort technology. Jan/mar. 3 (1) . p. 35 – 38.
- Linares, M.J.E.1993, Efecto de Películas Foselectivas de Plásticos para acolchados de suelo en el cultivo de sandia (*citrullus lanatus*) ,Tesis licenciatura, UAAAN., Buenavista Saltillo Coahuila.
- Logan C.1996 New ground: Help sprint arrive earlin. Organic gardenin. April pag. 18- 19.
- Loy, B. and O. Wells. 1990. Effect of IRT Mulches on soil temperature early vegetative development in muskmelon and weed growth
- Ludlow, M. 1982. Microclima y relaciones planta-agua. Desierto y Ciencia. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coah. México.
- Martín Vide, (1991): Fundamentos de climatología analítica. Colección Espacios y Sociedades, Serie General nº 22. Editorial Síntesis.

- Martínez F.R. 1997. Efecto del acolchado en la temperatura superficial del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón (*Cucumis Melo L.*). Tesis de maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México p 34 – 40.
- Maroto, J. 1989. Horticultura herbácea Y especial. Ed. Mundi-Prensa 5ta edición. Madrid-España. 590 pp.
- Matta, R. 1998. Instalación, manejo y mantención de sistemas de riego presurizado (en línea). Chile. Comisión Nacional de Riego.
- Medina, J. 1984. Guía para producir chile habanero en la zona henequera de Yucatán. Edit. Unidad de difusión técnica del CIAPY.
- Mesarch, M. A., 1999, Radiation and energy balance systems, Inc. designed school of natural resources University of Nebraska-Lincoln
- Mesarch, M. A. 1999, Soil heat flux instrumentation, school of natural resource sciences University of Nebraska-Lincoln
- Monteith, J.L., and M.H. Unsworth. 1990. Principles of environmental physics. 291 p. Edward Arnold, London, England.
- Morales, D. 1999. Nutrición del cultivo de chile (*Capsicum annum L.*): dinámica nutrimental, fertigación nitrogenada y fertilización basal. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Monctillos, México. 183 p.
- Munguia, J, Zermeño, A, Quezada, R., 2004, Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. φYTON Buenos Aires.

- Munguia, L.J.P., 2000 Análisis de los componentes de balance de energía en el cultivo de Melón (cucumis melo L.) con acolchado, Tesis Doctorado, UAAAN, Buenavista, saltillo, Coahuila, México
- Nihitochkina, T.D. y Guseu, A.M. 1989. Growth and cropping of strawberries mulched with black or transparent polyethylene. Soil and fertilizers. num 8.
- Nuez, F. Gil Ortega, R. Costa, j. 1996. El cultivo de pimientos, Chiles y Ajíes. Ediciones Mundi-Prensa Madrid-España. 586 pp.
- Oke, T.R. 1978. *Boundary Layer Climates*. Methuen and Co. Ltd, Londres. 372
- Ortega-Farías, S., R. Antonioletti, and A. Olioso. 2000a. Net radiation model evaluation at an hourly time step for mediterranean conditions. *Agronomie (Francia)* 20:157-164.
- Ortega. S.F, Calderon, R. Martelli N. y Antonioletti, R, 2004, Evaluación de un modelo para estimar la radiación neta sobre un cultivo de tomate Industrial, *Agric. Téc.* v.64 n.1 Chillán.
- Pardo, A., M.L. Suso., N. Vázquez., J.I. Macua., I. Lahoz., J. Garnica y R. Calvo. 2001. Efecto del acolchado plástico y del sistema de riego en un cultivo de tomate de industria. *Actas del XXII Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas*. Cáceres (en prensa).
- Monteith, J.L. Evaporation and environment. In: symposium of the society for experimental biology, 19, 1965, Swansea. *Proceedings...* Cambridge: University Press, 1965. p.205-234.
- Petoseed. 1988. *Catalogo de cultivares*. 72 pp.

- Pullman, G.S., J.E. DeVay, and R.H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death a logarithmic relationship between time and temperature for soil borne plant pathogens. *Phytopathol.* 71:959-964.
- Philip, J. R. 1961. The theory of heat flux meters. *J. Geophys. Res.* 66:571-579
- Quezada, M.M.R, 2005, *Agroplasticultura en México*, (CIQA), ambiente plástico, Saltillo Coahuila.
- Ramírez, U.C., 2004, *Reflexiones sobre la relación del líquido con el medio ambiente que nos rodea*, Expo Agua 2004, centro de Convenciones Guanajuato.
- Ramírez, V.J.1996. *El uso de acolchado plástico en la agricultura*. Primera Edición UAS. Universidad Autónoma de Sinaloa. Departamento de Comunicación Educativa Y Divulgación de Facultad de Agronomía, Culiacán Rosales, Sinaloa, México.70p.
- Rana, G., N. Katerji, M. Mastrorilli, M. El Moujabber, and N. Brisson. 1997. Validation of a model of actual evapotranspiration for water stressed soybeans. *Agric. For. Meteorol.* 86: 215-224.
- Robledo de P.F. y L.V. Martín. 1988. *Aplicación de los plásticos en la agricultura* 2ªEdicion. Editorial mundi- Prensa.Madrid España.
- Robledo de P.F. 1996, *Tecnología agrícolas con plásticos*, symposium internacional, España.
- Robles, F. 1994. *Ficha Técnica para el Cultivo de Páprika*. Fonagro-Chincha.
- Rodríguez, J.L. 2001, *Análisis de la producción de chiles y pimientos, de productores de hortalizas*.

- Rojas, P.L., Briones, S.G., 1990, Sistemas de Riego, UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
- Rosembrg, N.J.; Blad, B.L. y Verma, S.B. 1983. Microclimate: the biological environment. 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.
- Ross, P.J.; Williams, J. y Mc. Cown, R.L. 1985. Soil temperature and the energy balance of vegetative mulch in the semi-arid tropics. II. Dynamic analysis of the total energy balance. Aust. J. Soil Res. 23:515-532.
- Salisbury, F.B. and Ross C. W. 1994. Fisiología vegetal grupo editorial Iberoamericano. 759 p. 28. México
- Sandoval V M. B. 2002. Horticultura Intensiva en Invernaderos. XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
- Sau, R. T. y Horton R .2002, Mediciones micrometereologicas en sistemas agrícolas, Universidad del Estado de Iowa.
- Seguin, B. y Itier, B. 1983, "Using midday surface temperature to estimate daily evapotranspiration from satellite IR data". International Journal of Remote Sensing, Vol. 4, pp. 371-383.
- Serrano C.Z. 1990. Técnicas de invernadero. pao. Suministros gráficos, S.A. Sevilla España.
- Serrato, B.F. y Romero, D.M.A, (1996) Aproximación a las características climaticas en el área de influencia del campo experimental en el ardal Murcia. La representabilidad de las series climaticas disponibles. Papeles de geografía. Universidad Murcia. Pág. 17-25.

- Splittstoesser, W.E. and J.E. Brown. 1991. Current changes in plasticulture for crop production. 23 rd National agricultural Plastics congress. Mobile, Alabana. P: 241 – 251.
- Tarara J.M and J.M Ham.1997, Measuring soil water content in the laboratory and field with dual-probe heat-capacity sensor. *Agron J.*89:535-542.
- Tarara J.M 2000, Microclimate modification with plastic mulch *Hortscience*, Vol 35 (2) April 2000.
- Tijerina, L. 1999. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de Fertirrigación. *Terra*. 17: 237 - 245.
- Torres, A.F. 2004, Respuesta del melón (*cucumis melo* L.) a la modificación microambiental para el uso de acolchados fotoselectivos, tesis maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila, México.
- Tun, D.J.C. 2001, Chile habanero características y tecnología de de producción. Secretaria de agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca, Alimentación. INIFAP. Yucatán México 74 p.
- Villarnau, A y González, J. 1999. Planteles, Semilleros, Viveros. Ediciones de Horticultura, S L. Madrid-España. 271 pp.
- Wien, H.C., P.L. Minotti, and V.P: Grubing. 1993. Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. *J. Amer. Hort. Sci.* 118:207-211.
- Wraith, J.M. and R.J. Hanks. 1992 Soil thermal influence on water use and yield under variable irrigation. *Agronomy Journal* 84: 529-536 Utah State University; Logan UT.

Zapata, M.N. 1989, El Melón, ediciones mundiprensa, castello 37, Madrid
España

FUENTE CONSULTADA INTERNET

<http://www.chillan.udec.cl/riego/Asignaturas/SueloPlantaAgua/7-05-Estimaci%F3n%20de%20ET%20de%20referencia%20Modelos%20PM%20y%20PT.doc>

http://www.mercanet.cnp.go.cr/SIM/Frutas_y_Vegetales/documentospdf/Chilepicante_Set02.pdf

<http://snrs.unl.edu/agmet/408/instruments/netrad.html>

[FIRA, 2003 perspectivas de la red de chiles http://www.fira.org](http://www.fira.org)

[Hort Uconn, 2002 Http://www.hort .ucon.edu/imp/veg/htms/colrmlch.htm](http://www.hort.uconn.edu/imp/veg/htms/colrmlch.htm)

<http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>