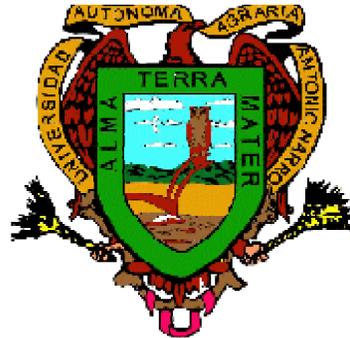


**UNIVERSIDAD ATONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**Flujos de Energía en Chile Morron (*Capsicum Annuum L.*), bajo
Acolchado Plástico Negro.**

**Por:
CRISTOBAL ERVI BAUTISTA PEREZ**

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Titulo de:

ING. AGRONOMO EN IRRIGACION

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2007**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

**Flujos de Energía en Chile Morron (*Capsicum Annuum L.*), bajo
Acolchado Plástico Negro.**

Por:

CRISTOBAL ERVI BAUTISTA PEREZ

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

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

Aprobado Por:

Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor Principal

Dr. Juan P. Munguía López

Asesor Externo

Ing. M.C. J. Alexander Gil Marín

Asesor

Dr. Raúl Rodríguez García

Coordinador de División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila México, Mayo de 2007

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Armando Bautista Morales.

Sra. Francisca Pérez de la Cruz.

Quienes de ellos he recibido el apoyo incondicional y cariño que todo hijo necesita en todos los momentos mas difíciles de la vida al igual que han logrado que sea un profesionista.

A MIS HERMANOS:

Natalia Elsa Bautista Pérez.

Natalio Isaías Bautista Pérez.

Leandro Manolo Bautista Pérez.

Santos Rolando Bautista Pérez.

Que de ellos he recibido amor y comprensión en cada etapa de mi vida.

A MIS ABUELOS

† Agustín Bautista Sánchez.

Laura Elena Morales

† Jacinto Pérez

Roselia de la Cruz Méndez.

Por todo sus consejos de abuelos que me dan y por el apoyo que han recibido mis padres de ellos para ayudarme en mis estudios y sobre todo que les dio la vida.

A MIS CUÑADOS

Prof. Oran Miguel Pérez Pérez y Araceli Méndez Carpio , por estar apoyando a la familia, en los momentos difíciles al igual por darme consejos.

A MIS SOBRINOS

Royber Armando, Erica Alicia, Yaneci Yudibet, Jennifer Amairani, Sonia Guadalupe, Al Bebe.

Quienes ellos llenan de alegría mi vida, al igual que sus hogares, por la inocencia que tiene cada uno de ellos.

A MIS TIOS.

Que ellos creyeron en mí para salir adelante al igual por no dejar sola a la familia.

AMIS PRIMOS:

Que juntos pasamos los momentos de nuestra niñez.

AGRADECIMIENTOS

Gracias **DIOS**, por no dejarme solo en mi lucha para lograr mis más grandes anhelos, el camino no fue fácil, pero contigo basto para salir adelante, porque la sabiduría y fuerza nunca me la negaste. Ahora te pido que me ayudes a enseñar lo poco o lo mucho que aprendí, a los que necesiten.

Gracias por darme una familia en la cual me pude desarrollar y siempre están conmigo en todos los momentos de mi vida buenos y malos. **Gracias Señor**

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por cobijarme y por transmitirme tantos conocimientos y sabiduría para una tarea tan noble, que es la "agricultura".

A mi **DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**, por brindarme la facilidad para concluir mi carrera.

A mis **AMIGOS Y COMPANEROS**.

Robertony, Toño, Mariano, Manuel, Efraín, Regina, Verónica, Yecenia, Erick, Francisco, Robert, Luis, Miguel, Chisco, Vladimir, Rubén, Eder y entre otros. Que con ellos hemos convivido más 4 años de mi vida y por darme su amistad incondicional.

A mis compañeros de cuarto en especial para José Luís Carpio Núñez, quien en los momentos más difíciles que he pasado lejos de mi familia me ha brindado una mano y de quien me siento orgulloso por ser un amigo sincero.

Al igual para los que en el momento de enfermedad estuvieron conmigo siempre echándome la mano Rodolfo, Luís Alberto, Julio, Hugo y a todos quienes me visitaron en ese momento para darme ánimos.

Al Dr. Alejandro Zermeño González, por su dedicación y asesoría durante el trabajo y elaboración de mi tesis.

Al Dr. Juan Munguía López, por el apoyo de la elaboración de mi tesis.

Al M. C. Alexander Gil Marín, por su dedicación y asesoría durante el trabajo y elaboración de mi tesis.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada, en especial al Departamento de Agroplásticos por permitirme realizar este trabajo dentro de sus instalaciones y por todo el apoyo recibido.

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 fitogenéticos, 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 2002-003, por el apoyo recibido.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Clasificación taxonómica del chile morron (<i>Capsicum Annuum</i> <i>L.</i>).....	3
2.2 Descripción botánica.....	3
2.3 Requerimientos Edafoclimaticos.....	5
2.3.1 Requerimientos edáficos.....	5
2.3.2 Requerimientos climático.....	5
2.4 Importancia del Acolchado Plástico	7
2.5 Tipos y Colores de Acolchados Plástico	8
2.6 Efecto del acolchado de polietileno en el ambiente físico	12
2.7 Efecto en el control de malezas	14
2.8 Efectos en el intercambio gaseoso entre el aire y el suelo . . .	14
2.9 Efecto en la estructura física del suelo	15
2.10 Efecto de la salinidad del suelo	15
2.11 Efecto en la fertilización.....	16
2.12 Efecto en la actividad microbológica	16
2.13 Ecuación de balance de energía sobre una superficie vegetal.....	17
2.14 Efecto del acolchado plástico en el balance de energía	18
2.15 Distribución del balance de engría sobre cultivos	19

III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Ubicación y Características del Sitio Experimental.....	22
3.2 Establecimiento del Experimento	22
3.3 Consideraciones Teóricas	23
3.4 Instrumentación y Mediciones	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
4.1 Evolución de los componentes del balance de energía a través del día en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.....	28
4.2 Evolución de los componentes de balance de energía en la superficie través del día durante la etapa de floración y fructificación del cultivo	30
4.3 Evolución de los componentes de balance de energía en la superficie través del día durante la etapa de senescencia del cultivo.....	33
4.4 Flujos integrados diarios en diferentes días después de siembra.....	34
V. CONCLUSIONES	37
VI. RESUMEN	38
VII. LITERATURA CITADA	39

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Fig. 3.1	Dimensión del lote de estudio y ubicación del sistema Eddy.....	24
Fig. 3.2	Sensores principales de un sistema Eddy.....	26
Fig. 4.1	Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (R_n), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 61 días después de transplante.....	29
Fig. 4.2	Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (R_n), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 67 días después de transplante.....	29
Fig. 4.3	Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (R_n), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 71 días después de transplante.....	30
Fig. 4.4	Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (R_n), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 77 días después de transplante.....	31

Fig. 4.5	Evolución diaria de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 79 días después de transplante.....	32
Fig. 4.6	Evolución diaria de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 106 días después de transplante.....	32
Fig. 4.7	Evolución diaria de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 116 días después de transplante.....	33
Fig.4.8	Evolución diaria de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 121 días después de transplante.....	34

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1 Valores de temperatura mínima, máxima y optima para el desarrollo del chile a través de tres fases de desarrollo.....	17
Cuadro 4.1 Valores integrados de Radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE), flujo de calor en la superficie del suelo (G), lamina de agua evapotranspirada (mm) y la proporción en que Rn se disipa en H, LE y G, sobre un cultivo de chile morrón con acolchado plástico negro.....	36

I. INTRODUCCION

El gran auge de la agricultura intensiva se inicia con los acolchados plásticos de polietileno. Al parecer los primeros materiales se instalaron en 1960, pero el gran desarrollo vino con la instalación de grandes superficies en China, que a más de 20 años nadie ha podido superar (Rodríguez, 1999).

Durante años se ha experimentado con diversos plásticos logrando resultados muy satisfactorios como por ejemplo; el plástico transparente el cual es mucho más eficiente que el plástico negro en aumentar la temperatura del suelo y promover el crecimiento de las plantas ya que en el plástico negro la mayor parte de la energía solar se transmite directamente al suelo y porque gran parte de la radiación de calor del suelo es bloqueada.

Se conoce que cerca de la mitad de la energía radiante del sol cae dentro de la región cercana al infrarrojo (0.860 a 3.000 μm .). Durante los años 60's y 70's científicos europeos aprovecharon esto para diseñar cubiertas plásticas para el suelo que transmitieran gran parte de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), entre 0.400 a 0.700 μm y así evitar la propagación de las malezas (Ñahuín, 1999)

La escasez de alimentos así como el constante cambio de los ecosistemas, en el mundo, esta creando que se busquen nuevas alternativas para poder producir, en gran medida que sean más eficientes, procurando no elevar costos de producción al implementar tecnología sofisticada. Estos cambios en el microambiente de la planta y del suelo, permiten al cultivo lograr un crecimiento y desarrollo más acelerado y por consecuencia tener mayor precocidad en la cosecha (Wien, y Minotti, 1988).

El uso de acolchado plástico, se utiliza para dar mayor precocidad a los cultivos, al producir un aumento de la temperatura del suelo. También favorece la retención de humedad, al disminuir la evaporación y el control de malezas, al

impedir la entrada de luz. Según sea el color del plástico, difieren los efectos. A su vez, el uso de esta técnica esta influenciada por el sitio geográfico y la época del año en que se aplica (Alvarado, 1999).

El acolchado ha resultado efectivo para el control de malezas ciperáceas aún con polietileno transparente. En tomate se ha argumentado que el color de la lámina plástica induciría modificaciones en el desarrollo de la planta al afectar el reparto de asimilados, provocado por el efecto que tendría la calidad de la luz que rodea la planta sobre el sistema fitocromo (Francescangeli, 2006).

La mayoría de los estudios previos en acolchado han estudiado el efecto del mínimo en el incremento de la temperatura del perfil superior del suelo y su efecto en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, pero pocos trabajos se han realizado para evaluar el efecto de los acolchados plásticos en el balance de energía en la superficie y su relación con los flujos de vapor de agua y bióxido de carbono entre el cultivo y la atmósfera. Dado que las cubiertas plásticas modifican el albedo y la temperatura de la superficie, también se afectara la radiación neta y el flujo de calor en el suelo, esto a su vez tiene efecto el los flujos de calor sensible y latente. (Verma, 1990)

OBJETIVO:

El objetivo de la investigación fue analizar la distribución de los flujos de energía a través del día y a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo de chile morrón bajo acolchado plástico negro.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Clasificación taxonómica del chile morron (*Capsicum Annuum L.*)

El pimiento es una planta herbácea, de hábito perenne en condiciones naturales, pero cultivada como anual en la mayoría de los casos, debido a su susceptibilidad a heladas y a daño por enfriamiento. Considera la siguiente (Janick, 1985)

Clasificación taxonómica:

División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonae
Subclase	Metachlamydeae
Orden	Tubiflorae
Familia	Solanaceae
Género	Capsicum
Especie	Annuum. L

2.2. Descripción botánica:

Planta:

Herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (Pilatti y Favaro, 1999; Valadez, 1996).

Sistema radicular:

Pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro (Guenko, 1983).

Tallo principal:

De crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura ("cruz") emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose de

forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente (Pozo, 1983).

Hoja:

Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Martínez, 1999)

Flor:

Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10% (Pozo, 1983).

Fruto:

Baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. (Martínez, 1999)

Las semillas:

Se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 centímetros (Valadez, 1996).

2.3. Requerimiento Edafoclimaticos

Requerimientos edáficos:

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco - arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3 -4% y principalmente bien drenados (Martínez, 1999).

Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8.

En suelos con antecedentes de *Phytophthora* sp, es conveniente realizar una desinfección previa a la plantación.

Requerimiento climático:

El chile es una planta que requiere temperaturas mayores que el tomate y menores que la berenjena. En el Cuadro 2.1 se muestran los rangos de temperatura para el crecimiento del cultivo (García, 1959).

Cuadro 2.1. Valores de temperatura mínima, máxima y optima para el desarrollo del chile a través de tres fases de desarrollo.

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	ÓPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos.

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc.

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos (Guenko, 1983).

Humedad:

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados (Cano, 1994).

Luminosidad:

Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración (Valadez, 1996).

Riegos:

La mayoría de estas especies exigen un suelo constante húmedo durante todo su desarrollo, la falta de agua se caracteriza por el follaje verde oscuro y por la caída de flores. En un exceso de humedad en el suelo, la planta pierde la coloración natural en las hojas, estas irregularidades en los riegos

favorecen la necrosis apical en los frutos. La frecuencia de los riegos varia en función de las condiciones climáticas del lugar y el tipo de suelo (Cano, 1994).

Al tercer día del transplante se da un riego, posteriormente a los seis u ocho días otro riego. La frecuencia de los riegos puede ser variable dependiendo de la zona, tipo de suelo y de las condiciones climáticas, así como de la edad de la planta. Cuando se trata de riego rodado se debe evitar que el agua haga contacto con el tallo, solo debe llegar al lomo del surco, el lapso de los riegos posteriores son de 15 a 20 días (Burgueño, 1997).

2.4. Importancia del Acolchado Plástico

En México así como en otros países, la popularidad del uso de los acolchados se ha incrementado, notablemente en los últimos 10 años (Sprittstosser y Brown, 1991).

La popularidad de los acolchados plásticos se debe a que aportan diversos beneficios a los cultivos de hortalizas, entre los que se pueden mencionar: incremento en rendimiento, obtención de cosechas más tempranas, control de malezas, e incremento en eficiencia del uso del agua de riego y los fertilizantes. Otros beneficios incluyen la reducción de las poblaciones de insectos transmisores de enfermedades virales, como los trips, mosquitas blancas y pulgones (áfidos) en cultivos desarrollados con acolchado metalizado (Martínez, 1997).

Los acolchados plásticos afectan el microclima alrededor de la planta y modifican la temperatura de la zona radical, y como consecuencia afectan el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Múltiples estudios sobre acolchados en zonas de clima templado indican que la capacidad de los acolchados de

aumentar la temperatura del suelo ha sido una de las razones por las cuales los acolchados favorecen el desarrollo de las plantas. (Mashingaidze *et al.* 1996)

En localidades de altas temperaturas, los acolchados plásticos pueden tener efectos negativos en el crecimiento en ciertos cultivos (Maiero, 1987; Wien y Minotti., 1987 y Bhella, 1998), afectando la fenología, rendimiento y calidad.

2.5 Tipos y Colores de Acolchados Plástico.

Acolchado Negro:

El acolchado negro absorbe la mayor parte de los rayos ultravioletas (UV), las longitudes de onda visible e infrarrojos de la radiación solar y reirradia en forma de calor la energía absorbida. Mucha de la energía solar absorbida en forma de calor por el acolchado plástico negro es perdida a la atmósfera por convección (Lamont, 1999).

Oriolani *et al.* (1979) emplearon polietileno negro como cobertura de suelo en un cultivo de zapallitos, y constataron un aumento del 105% en la producción de frutos comparado con el testigo sin acolchado.

La aplicación del acolchado negro se usa en cultivos de 1 -3 años (dependiendo del espesor del plástico), terrenos infectados de malas hierbas, zonas cálidas sin riesgo de heladas y provoca aumento de rendimiento (Lamont, 1999).

Acolchado transparente:

Es el que proporciona mayor precocidad en los cultivos y también el que puede evitar los daños de helada producidos por bajas temperaturas, alrededor de 0°C. Se debe a que el plástico transparente permite el paso de la radiación (mas del 80%), por lo que durante el día, el suelo y la parte radicular de las

plantas se calienta mucho, y al calentarse, hay una e vaporación constante, y en la parte interna del plástico se produce un fenómeno llamado condensación, con esto se logra tener una pantalla y el suelo no se enfría rápidamente logrando así que durante la noche se evite la perdida rápida del calor del suelo y se libere lentamente en la parte foliar de la planta. El inconveniente es el crecimiento de malezas abajo del plástico, que puede levantar el plástico, crea competencia por nutrimentos y humedad. Al haber más evaporación provoca mayor acumulación de sales en la superficie del suelo (Bringhurst y Voth 1990).

El uso del plástico transparente modifica la penetración de la luz solar y aumenta la temperatura del suelo, en gran intensidad, la diferencia de temperatura del suelo bajo el acolchado transparente a un suelo desnudo, alcanza hasta 7 °C y en un plástico negro hasta 5 °C (Misle y Norero, 2000).

El acolchado transparente es utilizado para los siguientes fines: cultivos estacionales, bajos espesores (melón, algodón), terrenos libres de malas hiervas, zonas frías con riesgo de heladas, precocidad y aumento de rendimiento (Lamont, 1993).

Acolchado Blanco:

Impide el crecimiento de malas hiervas, porque no permite el paso de luz; debido a la reflexión de la capa blanca, produce altos rendimientos y precocidad, ya que aporta luz extra a la planta; evita el riesgo de quemaduras de la planta y frutos y repele algunos insectos (Solplas, 2002).

Por el color del film, refleja el mayor porcentaje de la radiación incidente, lo cual permite que la temperatura del suelo por lo general es más fresco. El uso que se le da es para lugares infestados con mala hierba, zonas sin riesgo de helada, o muy caliente, aumento de rendimiento y calidad, así como mejorar la luminosidad (Solplas, 2002).

Acolchado Gris.

Es de efectos intermedios, entre el plástico negro y el transparente, tienen una transmisión del 35 % de la radiación visible. No ofrece peligros de quemaduras para frutos y planta. Proporciona menos precocidad que el plástico transparente. Puede evitar efectos de helada cuando son muy ligeras. Las plantas acolchadas con este plástico reciben mayor aportación de calor de suelo durante la noche, que el plástico negro (Itesm, 2002).

Impide el crecimiento de malas hierbas; la reflexión del color plateado produce altos rendimientos y precocidad, se utiliza para cultivos estacionales, cultivos de 1-2 años (según el espesor), zonas son poco riesgo de heladas, así como evita riesgo de quemaduras de la parte aérea de la planta y repele determinados insectos (Solplas, 2002).

Acolchado Metalizado:

Absorben una parte del calor que reciben, por lo que reflejan hacia el exterior. La utilización de estos plásticos es recomendable en siembras de primavera y verano, porque reflejan los rayos solares, evitando el calentamiento excesivo del suelo y el daño del sistema radicular y repele algunos insectos. Su inconveniente es que durante la noche no aporta calor a la planta dejándolo completamente al riesgo de helada y los costos son más altos que las películas anteriores. El plástico metalizado no aumenta la temperatura del suelo, por lo que el mayor porcentaje de radiación es irradiada hacia la atmósfera, no es recomendable en zonas con riesgo de heladas y no provoca quemaduras de frutos (Itesm, 2002).

Acolchados Azules Opacos:

Desarrollados especialmente para cultivos de fresa y melón que disminuyen el crecimiento de malas hierbas y reducen considerablemente el porcentaje de frutos quemados, en contrapartida no aumentan tanto la temperatura del suelo. Este acolchado se encuentra en un punto medio entre el

porcentaje de reflexión de radiación con el blanco y transparente, por lo que la temperatura se comparte de la misma forma. Se usa en zonas con poco riego de haladas no muy intenso (Ediho, 1999).

Acolchado Marrón:

El plástico transmite aproximadamente el 60 - 75 % de la radiación visible (dependiendo de la intensidad de la coloración). El calentamiento del suelo durante el día, es menor que el plástico transparente. Se recomienda que se emplee con reservas en zonas con temperaturas cercanas a los 0° C. La inconveniente es que existe desarrollo de malas hierbas, aunque menos que en el transparente (Itesm, 2002).

Se usan para cultivos estacionales, cultivos de 1 -2 años, terrenos poco infectados de malas hierbas, zonas frías y cálidas sin riesgo de helada, aumento de rendimiento y precocidad (Lamont, 1999).

Acolchado Verde:

Permite el paso de la luz verde y la radiación térmica, de esta forma se impide el crecimiento de las malas hierbas y el suelo alcanza temperaturas similares a las que se alcanza con un film transparente (Ediho, 1999).

Películas Fotoselectivas:

Los polietilenos con propiedades foto selectivas son la mas reciente generación de plásticos para la cobertura en el suelo. Estos plásticos reflejan la parte del espectro lumínico que estimula el proceso fotosintético y absorbe el resto de la radiación. Los aditivos del plástico permiten el paso de la radiación térmica que calienta el suelo, aumentando así la temperatura del mismo y favoreciendo el desarrollo de las raíces (Hena, 2001).

Plásticos Coextruidos:

La combinación de colores de acolchados coextruidos le da diferentes características para el uso en la agricultura. Algunos mantienen la temperatura del suelo mas bajo en verano y otros aumenta la temperatura del suelo en primavera. La combinación de estos colores hace mas efectivo el uso de algunos colores, como el caso del acolchado amarillo que generalmente atrae insectos y la plata rechaza los afidos (pulgones), que resultaría una buena combinación (Orzolek, y Noble, 1993).

Acolchado Blanco/Negro:

Impide el crecimiento de malas hiervas, por que no permite el paso de luz; debido a la reflexión de la capa blanca produce altos rendimientos y precocidad, ya que aporta luz extra a la planta; evita el riesgo de que maduras de la planta, frutos y repele algunos insectos (Solplas, 2002).

Acolchado Plata/Negro:

Impide el crecimiento de las malas hierbas, la reflexión de la capa plata aumenta el rendimiento y precocidad, evita el riesgo por quemaduras de la parte área y repele algunos insectos (Solplas, 2002).

2.6. Efecto del acolchado de polietileno en el ambiente físico.

El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde se cultivan las plantas, cu ya intensidad depende del tipo de polietileno que se utilice. Los factores que se alteran con el uso de acolchado son: humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo, como también la vegetación espontánea bajo la película plástica.

Humedad:

Usando acolchado de plástico, se logran efectos importantes en la economía de agua, ya que por su impermeabilidad a ésta, reduce la

evaporación desde la superficie del suelo cubierta con la película plástica, quedando esa agua a disposición del cultivo, beneficiándose con una alimentación constante y regular.

Haddad y Villagrán (1988), afirman que con el uso de acolchado plástico se logró distanciar los riegos a una vez cada quince días, en lugares donde se regaba dos veces por semana. Por otra parte, los plásticos oscuros, al impedir el desarrollo de malezas al no dejar pasar luz para que realicen su proceso de fotosíntesis, se ahorra también el agua que éstas pudieran consumir (Robledo y Martín, 1988).

Temperatura del Suelo:

El plástico transmite al suelo la energía calorífica recibida del sol durante el día, produciendo el efecto térmico. Durante la noche el polietileno limita la fuga de las Radiaciones Infrarrojas (IR) (energía calorífica creada por el plástico y las plantas) y mantiene la temperatura durante la noche, es un aislamiento entre el suelo y la atmósfera que esta en función del color y grosor del material lo cual es aprovechado por las raíces de la planta.

El uso de acolchado plástico en el suelo influye notablemente en el incremento de la temperatura, siendo menor la fluctuación en suelos arcillosos y húmedos que en suelos arenosos y secos (Hanada, 1991; Lamont, 1993).

También la temperatura del suelo es importante, ya que controla los procesos implicados desde la producción de la plántula donde afecta la germinación de la semilla, el crecimiento y desarrollo de la planta (Vuelvas y Díaz, 1995).

Así mismo el efecto que el acolchado ejerce sobre la temperatura del suelo depende de la coloración y de la composición química del plástico. Para que el incremento de la temperatura sea relevante es necesario que la superficie acolchada sea lo suficientemente amplia, debiendo medir como

mínimo un metro de ancho. La temperatura creciente de la zona de la raíz (TZR) es una de las ventajas principales asociadas al uso de acolchados plásticos de colores (Díaz-Pérez, 2002).

En un estudio realizado en el cultivo de tomate evaluando el efecto de acolchado de varios colores, en la temperatura de la zona radicular de la planta, se encontró que la temperatura más alta, ocurrió por debajo de los acolchados negro, rojo y gris. El suelo desnudo fue inferior igualmente el acolchado blanco, en el mediodía por debajo del plástico negro, rojo y en el acolchado gris fueron más altos que en suelos desnudos. Durante la noche el rango fue menor o igual a 1.5°C con excepción del acolchado plata, que demostró una temperatura más alta que los otros acolchados. El efecto del color de los acolchados en la zona crecimiento vegetal de tomate y producción varía según la localización geográfica y época del año (Csizinszky *et al.*1995).

2.7. Efecto en el control de malezas

Al utilizar el acolchado de plástico negro se disminuye la presencia de malas hierbas, ya que se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide totalmente el proceso de la fotosíntesis de las malezas. Por consiguiente, el desarrollo de las malas hierbas que se originen bajo las películas plásticas, dependerá en gran parte del color de las mismas, o sea, de la permeabilidad a la luz solar.

El plástico negro es totalmente impermeable a las radiaciones visibles por lo tanto, si bien las malezas que se encuentran por debajo del mismo pueden germinar, una vez agotadas las sustancias de reserva de las semillas las plantas mueren al no poder realizar el proceso de fotosíntesis por la ausencia de luz. (Cantamutto *et al.* 2000).

Ibarra (1997), menciona que el acolchado de suelo con polietileno negro ayuda a eliminar casi la totalidad de las malezas, excepto algunas como el

coquillo (*Cyperus rotundis*), lo cual se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas.

2.8. Efectos en el intercambio gaseoso entre el aire y el suelo.

La película plástica es un material casi impermeable al gas, por lo que modifica el intercambio gaseoso entre el aire y el suelo. Ya que el CO₂ liberado por las raíces, se acumula, bajo el acolchado y se canaliza a través de las perforaciones hechas al momento de la plantación, concentrándose alrededor de la planta, con lo que al incrementarse el nivel de CO₂ en torno al follaje provoca que haya mayor actividad fotosintética.

2.9 Efecto en la estructura física del suelo

Robledo y Martín (1988), aseguran que el uso del acolchado plástico conserva una estructura óptima del suelo ya que mantiene la porosidad desde el inicio del cultivo hasta el final siempre y cuando se tenga cuidado con las labores culturales.

Neuruer (1984), realizó un experimento con camote, zanahoria y maíz con lo cual demostró que con el uso del acolchado se redujo la erosión ocasionada por agua y por el viento, creando una estructura adecuada que incrementó la emergencia de plántula y el desarrollo precoz de los cultivos antes mencionados, en sus distintas etapas fisiológicas en relación con el testigo.

2.10 Efecto de la salinidad del suelo

Cualquier tipo de pigmentación que se use en el acolchado de suelos, presenta como ventajas:

* Una reducción la lamina de riego aplicada con la consecuente reducción en la cantidad de sales aplicadas al suelo .

* Una considerable reducción en la evaporación, con lo cual disminuye el movimiento de ascenso del agua, por lo tanto se limita la formación de costras salinas.

El movimiento de agua es dirigido hacia arriba del bordo o surco, entre el acolchado y el suelo, lo que causa la acumulación de sales sobre la superficie. La conductividad eléctrica en la superficie del suelo es más notable en un suelo cubierto con cualquier tipo y color de plástico, que en un suelo desnudo (Toshio, 1991).

2.11 Efecto en la fertilización

Al estar el terreno protegido por una película plástica impermeable, el agua de la lluvia y el agua de riego no erosionan ni lavan los elementos fertilizantes de los diferentes estratos del suelo y la pérdida de nutrientes con el acolchado es casi nula.

Ibarra (1997), menciona que la temperatura y la humedad del suelo en asociación con la naturaleza físico-química de este último, condicionan la actividad de la flora microbiana y la reacción bioquímica y química del terreno, influyendo decididamente en sentido positivo o negativo sobre la nitrificación.

Hochmuth (1995), sostiene que los acolchados reducen la pérdida de fertilizantes y elementos nutritivos por lixiviación a causa del lavado del suelo como consecuencia de las lluvias.

Para retener la nitrificación se requiere de una temperatura de 45-52°C, con una situación óptima que varía según el terreno (muy suelto - muy compacto) entre 25-45°C. El terreno necesita de una saturación hídrica elevada que varíe entre 60 y 80% para que exista una buena nitrificación con estas temperaturas, así como la humedad será fácilmente lograda por medio del uso de acolchados; por lo tanto, el abono nítrico queda disponible a la planta

bajo el acolchado y con un suministro de agua por irrigación, la percolación que es causa de fuertes pérdidas de abonos nítricos por lavado, es reducida al mínimo (Ibarra, 1997).

2.12 Efecto en la actividad microbiológica

Esta influenciada por el estado físico, la humedad y la temperatura del suelo. Durante la descomposición de la sustancia orgánica, favorece la producción del anhídrido carbónico, que es mucho mayor bajo el acolchado que en un suelo desnudo y en consecuencia es también mejor aprovechado por las plantas, lo que se traduce en un aumento cuantitativo y cualitativo de la producción.

Ibarra (1997), asegura que la actividad de la microflora del suelo es condicionada por el estado físico, la humedad y la temperatura del suelo, quienes son influenciados por el uso del acolchado.

Lara (1993), menciona que la cantidad de fotosíntesis que realiza la planta, esta determinada por la proporción de radiación solar que recibe y la que requiere el cultivo para transformar el CO₂ y agua a carbohidratos durante el proceso de fotosíntesis.

2.13 Ecuación de balance de energía sobre una superficie vegetal

El balance de energía sobre una superficie vegetal, puede describirse con la siguiente ecuación (Kanemasu *et al.* 1979).

$$R_n = H + LE + G + S + PH \quad (1)$$

Donde:

H = Es el flujo de calor sensible (W/m²).

LE = Es el flujo de calor latente (W/m²).

G = Es el flujo de calor en la superficie del suelo (W/m²).

PH = Es la energía almacenada en el proceso de la fotosíntesis.

S = Es la energía almacenada por cambios de temperatura en la capa (aire y follaje)

Para superficies vegetales de poca altura, se puede considerar que S y PH son muy pequeños comparados con el resto de los componentes de la ecuación, de tal forma que la Ecuación 1 cambia a:

$$R_n = H + E + G \quad (2)$$

La relación directa que existe entre la temperatura de la superficie y el balance de energía ha sido ampliamente reconocida por diversos hidrólogos y meteorólogos a lo largo de los últimos años (Idso *et al.*, 1975; Monteith, 1981; Price, 1982 y 1989; Kustas y Norman, 1999).

Los flujos superficiales (H, LE) se pueden determinar por varios enfoques. A diferencia del método aerodinámico y el de la relación Bowen, la covarianza eddy es un método directo para medir los flujos superficiales, sin la necesidad de asumir coeficientes de difusiones de similitud, ni condiciones de estabilidad atmosférica (Kanemasu *et al* 1979).

2.14 Efecto del acolchado plástico en el balance de energía.

El uso de acolchados plásticos para la producción de hortalizas se ha incrementado significativamente en los últimos años debido a investigaciones que han mostrado sus beneficios. La mayoría de estos trabajos se han llevado a cabo en parcelas pequeñas y solas considerando el efecto del acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo. Sin embargo la presencia de los acolchados puede tener efecto en los componentes del balance de energía y en la resistencia estomatal (r_s), lo que a su vez repercutiría en un efecto fisiológico que afectaría el crecimiento y desarrollo del cultivo de pimiento, sin embargo, los mecanismos biofísicos que introducen el cambio en

la respuesta de las plantas al nuevo entorno no ha sido adecuadamente investigado (Murguía *et al.* 2004)

La presencia del acolchado plástico en la superficie del suelo, puede afectar significativamente los componentes del balance de energía (Mahrer, 1979)

La mayoría de los estudios han medido el efecto del acolchado en el incremento de la temperatura del perfil superior del suelo y su efecto en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. (Zermeño, 2001)

Munguia *et al.* (2004) encontraron que la resistencia estomática de las plantas de melón bajo acolchado plástico negro, es mayor que la de aquellas creciendo sin acolchado. Esto se debió a una mayor temperatura foliar de las plantas con acolchado, que provocó un cierre estomático. También reportaron que la radiación neta, flujo de calor sensible y latente fueron mayores sobre la superficie vegetal con acolchado plástico.

Algunos modelos han incorporado la presencia de una película plástica en el balance de radiación y resuelven la temperatura del suelo en el tiempo y en profundidad, pero al tener en cuenta la cubierta plástica hacen complejo el algoritmo de cálculo (Mahrer, 1980, Ham y Kluitenberg, 1994; Wu *et al.*, 1996). Así también, la consideración de resistencias específicas ha permitido simular la temperatura del suelo en presencia de cultivos sobre él (Luo *et al.* 1992).

2.15 Distribución del balance de energía sobre cultivos.

El conocer el balance de energía en los cultivos sirve para entender, manejar los flujos de masa, energía y su repercusión sobre el rendimiento de las plantas. Las mediciones de los componentes del balance de energía

(incluida la evapotranspiración como flujo de calor latente) se utilizan en la agricultura (Verma, 1990).

El estudio de los procesos de la evapotranspiración ayuda a moderar, predecir e incrementar los rendimientos de los cultivos. En consecuencia, el uso de metodologías que involucran el intercambio de energía y masa, así como el efecto que sobre estos ejercen las variables ambientales y fisiológicas de las plantas es cada vez más frecuente (Rivas *et al* 2004).

Los métodos micrometeorológicos, junto con la información fisiológica, proveen unos de los mejores medios para examinar el proceso de la interacción del cultivo con su ambiente (Baldocchi y Vogel, 1997).

El color del acolchado plástico determina su comportamiento de energía radiante y su influencia sobre el microclima alrededor del cultivo. La respuesta de las plantas está en función de la interrelación de la calidad de la luz reflejada por la superficie del acolchado y por la calidad de cada color para permitir el paso de la radiación solar e incrementar las temperaturas del suelo. El color del acolchado plástico determina su comportamiento de energía radiante y su influencia sobre el microclima alrededor del cultivo (Tarara, 2000).

La respuesta de las plantas está en función de la interacción de la calidad de la luz reflejada por la superficie del acolchado y por la capacidad de cada color para permitir el paso de la radiación solar e incrementar las temperaturas del suelo. 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 (De la Rosa *et al.* 2003).

La energía disponible ($R_n - G$) 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. y puede llegar a representar entre un 50 y 60% de la Evapotranspiración Real (ET_r) en climas húmedos y subhúmedos, respectivamente (Jensen *et al.*1990).

Debido a que los residuos de cosechas agrícolas afectan el régimen de humedad y la temperatura del estrato superior del suelo en las etapas tempranas del desarrollo de los cultivos, también pueden tener efectos en el balance de energía sobre la superficie de cultivo (Sowers y Welterlen, 1998)

Moguel-Ordóñez *et al.*, (1996) evaluaron la distribución del balance de energía sobre un cultivo de alfalfa utilizando un sistema Bowen y observaron que, bajo condiciones de advección tanto el flujo de calor latente, como el flujo de calor en el suelo se incrementan. La advección que ocurre en invierno influye más en el flujo de calor en el suelo que en el flujo de calor latente.

Mediciones de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de maíz, realizadas por Jiyame y Zermeño-González (2003), muestran que el flujo de calor latente es la principal forma de disipación de la radiación neta. También encontraron que bajo condiciones de advección local, la tasa de evapotranspiración (flujo de calor latente) puede ser igual o mayor que la radiación neta.

Han *et al.* (2003) encontraron una diferencia de hasta 20% en el cierre del balance de energía en diferentes tipos de superficies. Indicando que el balance de energía es mejor durante la tarde que por la mañana, lo que posiblemente sugiere una subestimación del término de almacenamiento de energía que generalmente es mayor por las mañanas.

Spano *et al.* (2004) Aplicando el enfoque de la covarianza eddy para medir los componentes del balance de energía sobre un viñedo en dos localidades de Italia; encontraron un buen balance del cierre de energía y

señalan que la radiación neta se disipa mas hacia el flujo de calor sensible que hacia flujo de calor latente, lo que es función de las condiciones climáticas y las aplicaciones del riego.

Restrepo y Arain. (2005), midieron los componentes del balance de energía sobre un bosque templado de coníferas de 65 años de edad, utilizando el método de la covarianza eddy. El cierre promedio diario del balance de energía $(H+LE)/(R_n-G-S)$ fue 0.90, lo cual representa un buen balance para condiciones de superficie compuesta por bosques

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y Características del Sitio Experimental

El trabajo experimental se realizó en el rancho Santa Rita, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, ubicado a 40 km al norte de Saltillo, Coahuila. Las coordenadas geográficas del sitio son: 25° 40' 50" N, 101° 07'25" O y una elevación de 1140m. El clima de la región es semiseco templado, la temporada de lluvias se presenta en primavera y verano, con un rango de 300 a 400 mm anuales. La temperatura media anual oscila entre 14 y 18 °C y los vientos predominantes son de dirección norte y velocidad promedio de 22.5 km h⁻¹

3.2 Establecimiento del Experimento

El sitio de estudio corresponde a una superficie de aproximadamente 10 ha recién desmontada e incorporada a la agricultura. En esta superficie se delimitaron 3 has; 100 m en la dirección este-oeste y 300 m en la dirección norte-sur, donde se establecieron camas de un ancho promedio de 0.67 m (dirección norte-sur), que se acolcharon con una película de polietileno negro el ancho promedio de los pasillos fue de 1.10 m. Las plántulas se transplantaron el 8 de Marzo, 2006 a doble hilera en arreglo triangular a una distancia de 0.30 m. La irrigación del cultivo se realizó con un sistema de riego por goteo con una cinta de riego, colocado por debajo del acolchado plástico. Los riegos se aplicaron a una frecuencia promedio de 3 días. El gasto de aplicación fue de $325 \text{ L h}^{-1} / 100 \text{ m}$, el tiempo promedio de riego fue de 6 h, de tal forma que para el ancho de camas considerado, se aplicó una lamina promedio de 10 mm por riego. El control de plagas y enfermedades se realizó siguiendo las normas establecidas para la región y no se tuvieron problemas que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

3.3 Consideraciones Teóricas

La ecuación 1 describe la radiación neta (R_n) sobre una superficie vegetal.

$$R_n = (1 - \alpha)R_{sw} + R_{lw} - \varepsilon\sigma T_s^4 \quad (1)$$

Donde: α es el índice de reflectividad de la superficie a la radiación solar total (albedo), R_{sw} es la radiación solar total incidente, R_{lw} es la radiación atmosférica, ε es la emisividad de la superficie, σ es la constante de Stefan

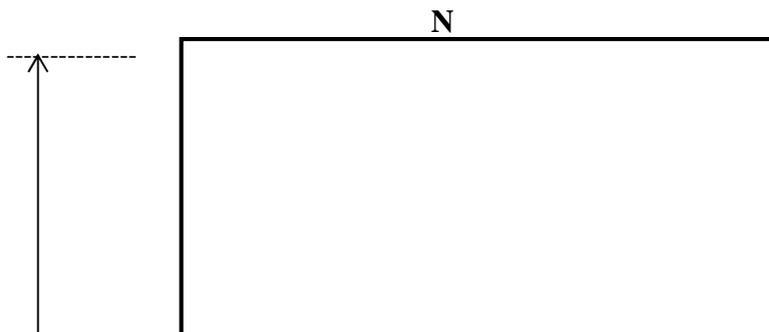
Botzman ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$) y T_s es la temperatura absoluta de la superficie. Cada color y formulación físico-química de los acolchados plásticos tendrá un efecto diferente en el valor de α y T_s , lo que modificara la radiación neta sobre la superficie vegetal. Posteriormente, R_n se convierte en otras formas de energía, de acuerdo con la Ecuación 2.

$$R_n = H + LE + G + S + PH \quad (2)$$

Donde: H es el flujo de calor sensible, LE flujo de calor latente, G flujo de calor en la superficie del suelo, S energía almacenada o liberada por cambios de temperatura en la capa (aire y follaje) y PH es la energía utilizada en el proceso de fotosíntesis. Nuevamente, las diferencias en las propiedades espectrales de los acolchados plásticos afectaran la radiación reflejada y la temperatura de la superficie. Esto tendrá efecto en todos los componentes del balance de energía, incluyendo la asimilación de bióxido de carbono (PH). Dicho efecto cambiara a medida que el cultivo se desarrolla, ya que el crecimiento de la planta tendrá un efecto de sombreo parcial de la cama.

3.4 Instrumentación y Mediciones

Los flujos de calor sensible, latente y bióxido de carbono se midieron con un sistema eddy, colocado en el extremo sur del lote experimental (Figura 3.2) a una altura de un metro sobre el dosel de las plantas. Para el análisis, únicamente se consideraron vientos con una velocidad de fricción mayor de 0.20 m/s y una dirección del viento mayor de 300° y menor de 70° , (se midió la velocidad del viento con un anemómetro de copa y para la dirección se utilizó una veleta), con el propósito de contar con un fetch de por lo menos 90 m (Figura 3.1). Las mediciones se realizaron durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.



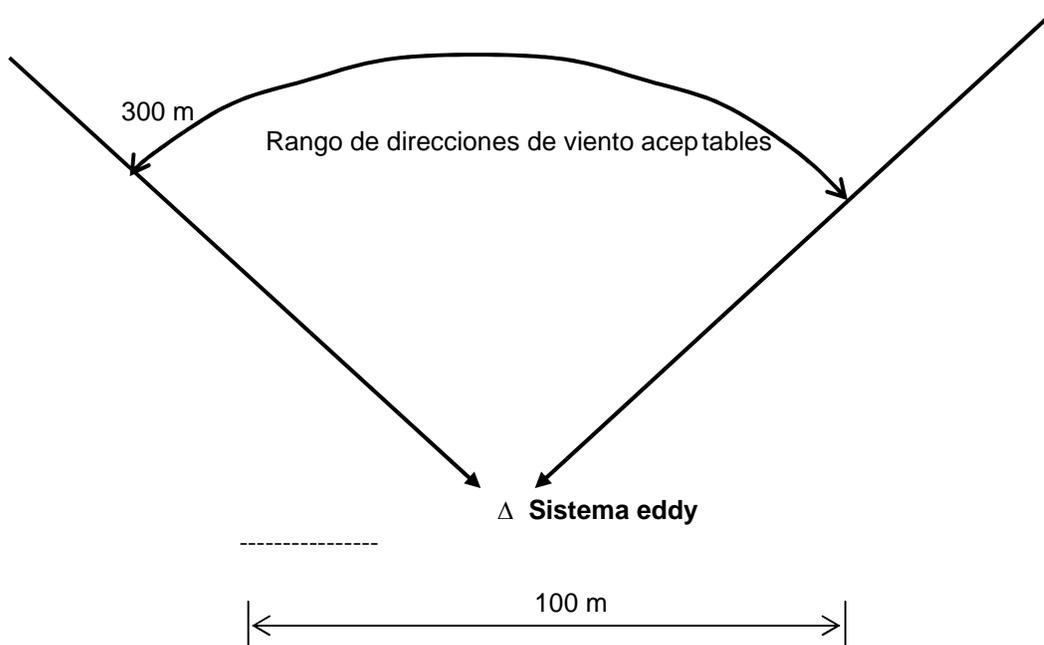


Figura 3.1. Dimensiones del lote de estudio y ubicación del sistema eddy.

Las ecuaciones que describen los flujos de acuerdo con el enfoque de la covarianza eddy son:

$$H = \rho_a C_p \overline{w'T_a'} \quad (3)$$

$$LE = \lambda \overline{w'\rho_{wv}'} \quad (4)$$

$$F_{CO_2} = \overline{w'\rho_{CO_2}'} \quad (5)$$

Donde: ρ_a , C_p y T_a son la densidad, capacidad calorífica y temperatura del aire, respectivamente, ρ_{wv} es la densidad del vapor de agua en el aire, w es la velocidad vertical del viento, λ es el calor de vaporización del agua, ρ_{CO_2} es la densidad del bióxido de carbono. Las variables con símbolo de prima significan desviaciones respecto a la media y la barra horizontal sobre dos variables

denota la covarianza entre las variables para un determinado segmento de tiempo (20 minutos).

La velocidad vertical del viento se obtuvo con un 3-D sonic anemometer, la temperatura del aire con un termopar (chromel -constantan) de 12.7 μm de diámetro y la densidad de vapor de agua y CO_2 con un open path $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ analyzer (Figura 3.2). Estas mediciones se realizaron a una frecuencia de 10 Hz y las covarianzas se calcularon en segmentos de 20 minutos.

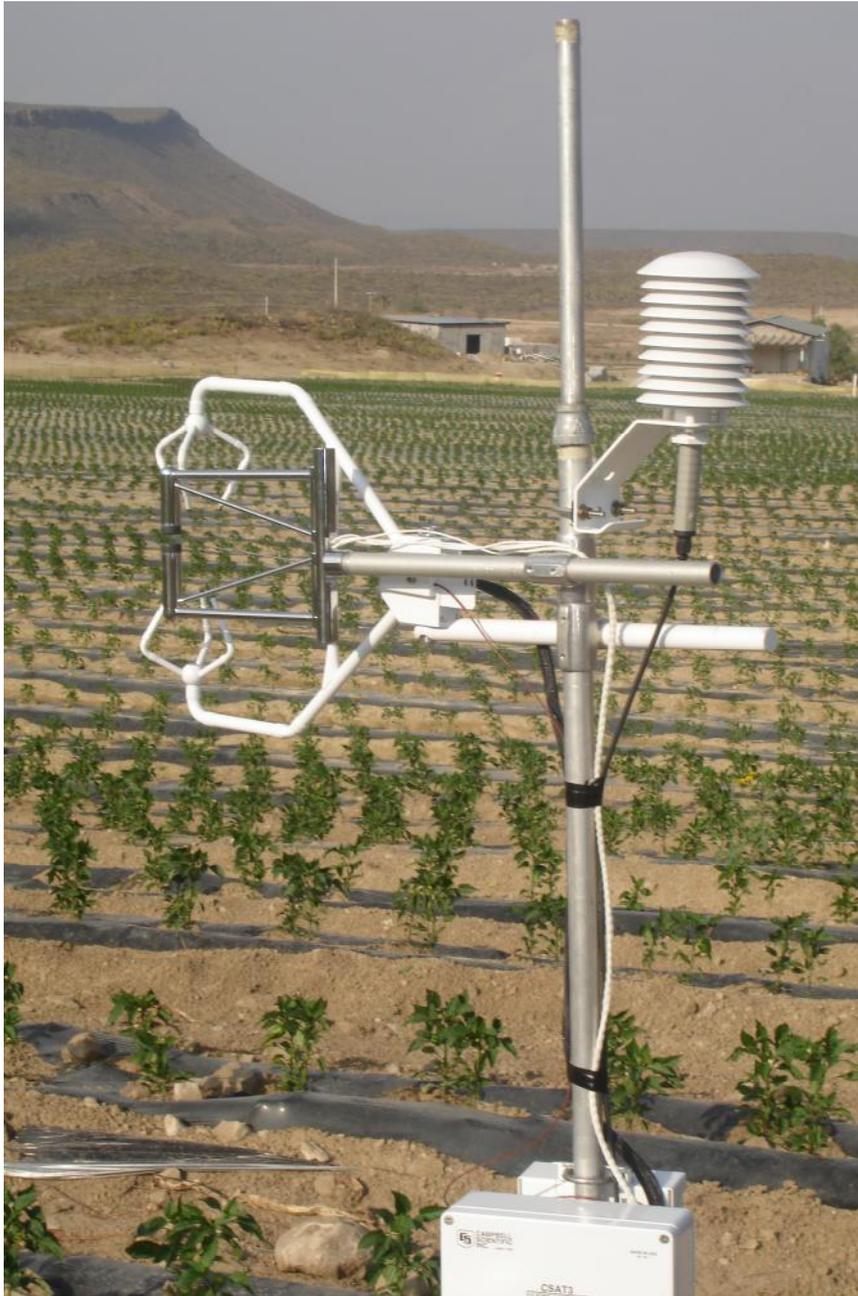


Figura 3.2. Sensores principales de un sistema eddy. 3-D sonic anemometer y CS7500 open path CO₂/H₂O gas analyzer.

La radiación neta se midió colocando un net radiometer (Q7.1 REBS net radiometer) sobre la parte media de una cama y otro sobre la parte media de un pasillo. El flujo de calor en la superficie del suelo se determinó midiendo el flujo

de calor a 0.08 m de profundidad con un HFT3 soil heat flux plate, estos valores son corregidos por cambios de temperatura del estrato de suelo sobre el sensor, medidos con un termopar para suelo de 4 puntas (Kanemasu *et al.*, 1992; Kustas *et al.*, 2000). Para realizar estas correcciones, fue necesario determinar la densidad aparente del suelo utilizando la barrena de nucleos, y la humedad del estrato superior del suelo (10 cm) con un TDR, que se calibró con muestreos directos de la humedad del suelo (método gravimétrico).

La energía almacenada o liberada por la capa por cambios de temperatura no se evaluó por ser muy pequeña comparada con el resto de los componentes del balance de energía (Verma, 1990).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evolución de los componentes del balance de energía a través del día en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

El análisis de la evolución de los componentes del balance de energía a través del día durante la etapa de desarrollo del cultivo se realizó únicamente el día del año 127, 133 y 137, que corresponden a 61,67 y 71 días después de siembra, ya que patrones similares fueron observados el resto de los días analizados en esta etapa de desarrollo del cultivo. En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3, se muestra la evolución diaria de los componentes del balance de energía para los días mencionados. El día 127 presentó condiciones de cielo despejado la mayor parte del tiempo y la mayor parte de la radiación neta (R_n) se disipó hacia flujo de calor sensible (H). Nótese que el flujo de calor en el suelo (G) de las 12:00 a las 16:00 hr es mayor que el flujo de calor latente (LE). Los valores mayores de H , LE y G se observaron de las 13:00 a las 15:00 hr y corresponden con los de R_n . Este día, la superficie tuvo condiciones limitadas de humedad, y la lamina evapotranspirada fue de únicamente 1.22 mm/ día. G fue negativo a partir de las 18:00 hr, indicando que el flujo de calor del suelo se dirige hacia la superficie.

En día 133 se presentaron condiciones de nubosidad a partir de las 15:00 hr y la Rn decreció apreciablemente. Aquí, Rn se distribuye mas proporcionalmente en H, LE y G. La lamina total evapotranspirada en este día fue de 1.79 mm, indicando nuevamente condiciones de déficit de agua en el suelo y que el cultivo estuvo bajo estrés hídrico durante esta etapa de desarrollo. Similarmente, en el día 137 (71 días después de transplante) se tuvieron condiciones de nubosidad de las 14:00 a las 15:20 hr y tanto la Rn como H, LE y G decrecieron en este periodo de tiempo. En este día Rn se disipa principalmente en H proporcionalmente en LE y G. En este día la lamina total evapotranspirada fue de 1.72 mm, indicando nuevamente condiciones de déficit de agua en la superficie.

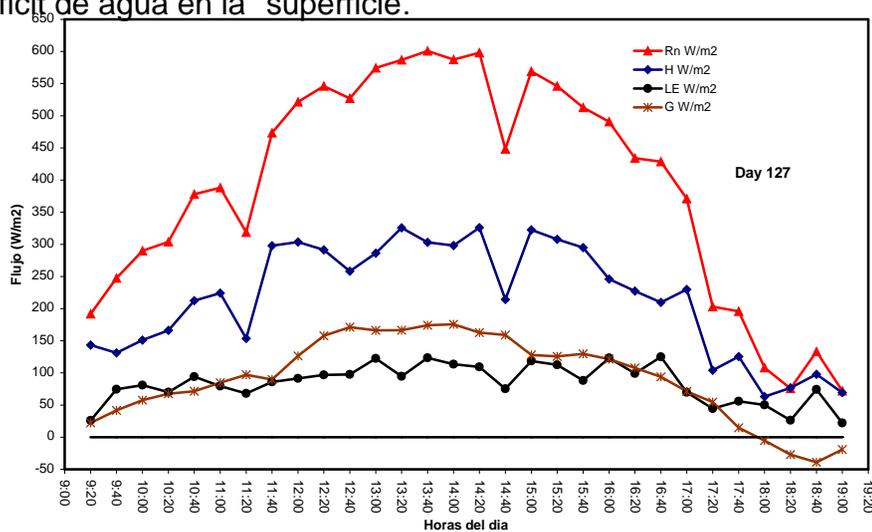


Figura 4.1. Evolución diaria de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 61 días después de transplante

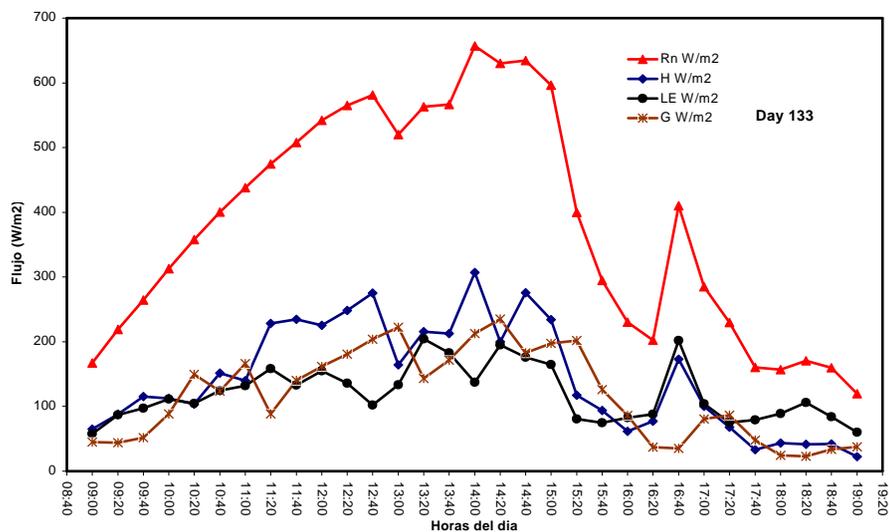


Figura 4.2. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro : radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 67 días después de transplante

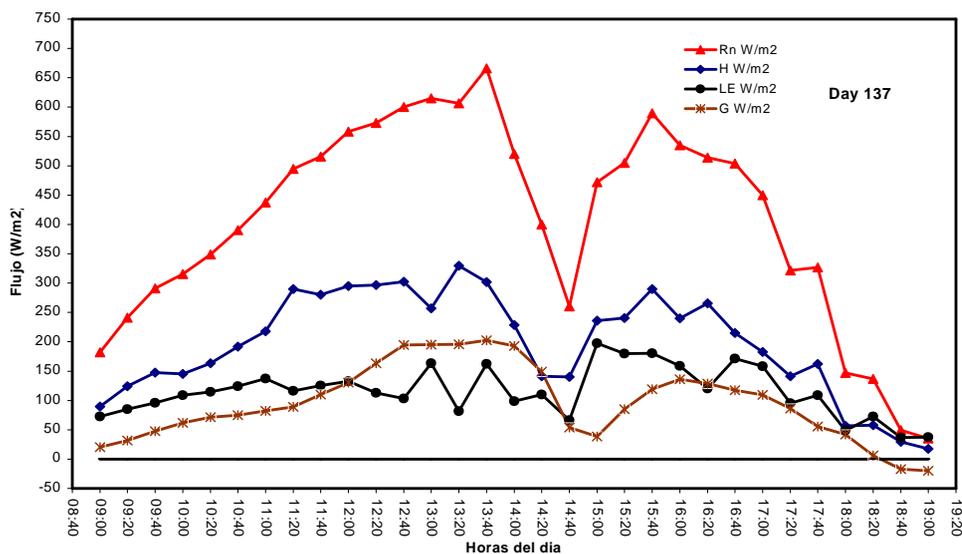


Figura 4.3. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 71 días después de transplante

4.2. Evolución de los componentes de balance de energía en la superficie través del día durante la etapa de floración y fructificación del cultivo.

La evolución de los componentes del balance de energía en estas etapas se analizó en los días 143, 145 y 172, que correspondieron a 77, 79 y 106 días después de transplante; Figuras 4.4, 4.5 y 4.6 respectivamente. En estos días se tuvieron condiciones de cielo despejado durante todo el día. Nótese que en el día 143, R_n se disipa principalmente en H, y que de las 12:00 a las 15:00 h r, G es mayor que LE. La lamina total evapotranspirada en este día fue de 1.69 mm, que es un valor muy bajo e indica que el cultivo estuvo bajo condiciones de estrés hídrico

En el día 145 se observa una tendencia muy similar al de; día 143, ya que también se tuvieron condiciones de cielo despejado durante todo el día, y nuevamente, R_n se disipa principalmente en H. También se observa que de las 12:20 a las 14:40 G es mayor que LE. En este día, el cultivo recibió un poca mas de riego y la lamina total evapo transpirada fue de 2.05 mm, aunque sigue siendo pequeña para los requerimientos de agua del cultivo.

El día 172 (106 días después de transplante), el cultivo ya se encontraba en la fase final de la etapa de floración y fructificación (Figura 4.6). En est e día, LE fue mayor que G básicamente todo el día. LE es ligeramente menor que H la mayor parte del día. Aquí se aplico un poco mas de riego y la lamina total evapotranspirada fue de 2.27 mm, que aunque sigue siendo baja, corresponde a la mayor lamina evapotranspirada en todo los días evaluados.

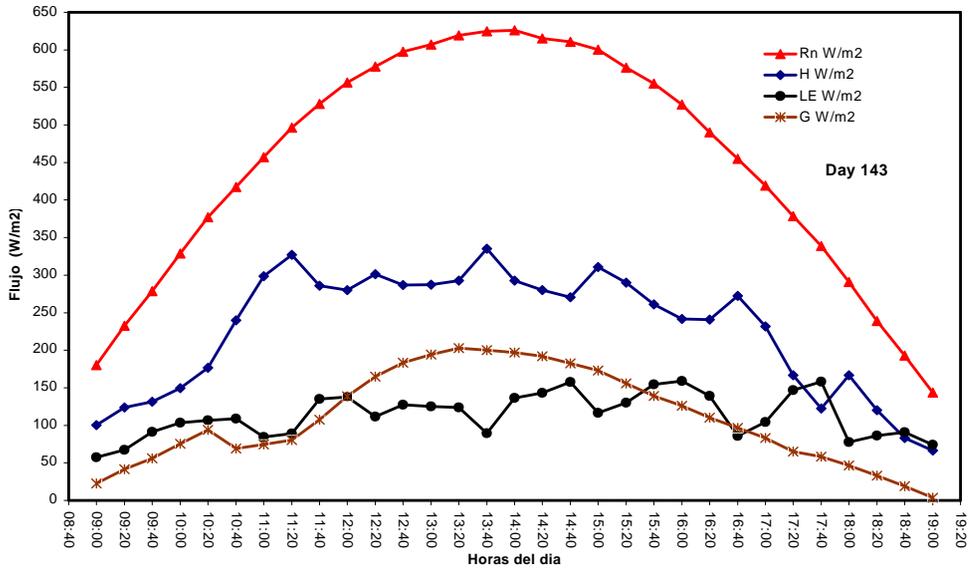


Figura 4.4. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 77 días después de transplante

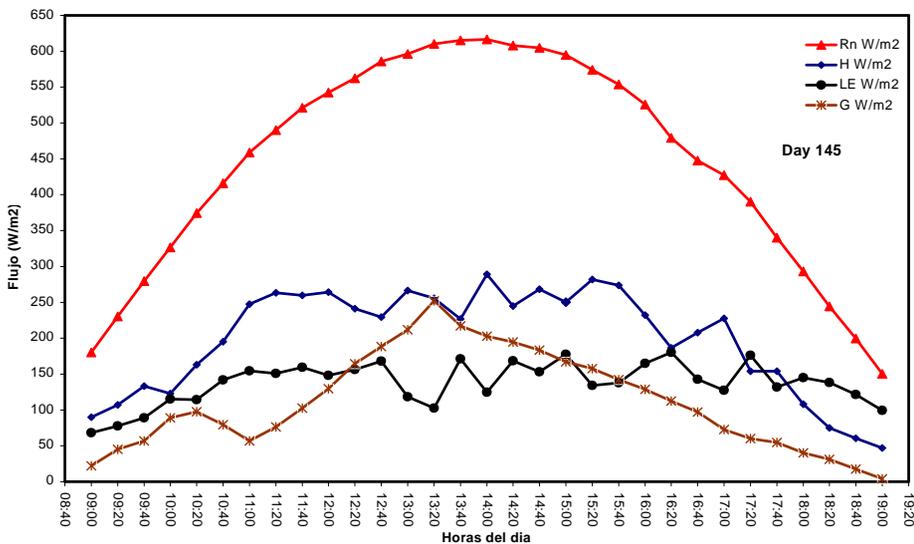


Figura 4.5. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor

en la superficie del suelo (G), observados a los 79 días después de transplante

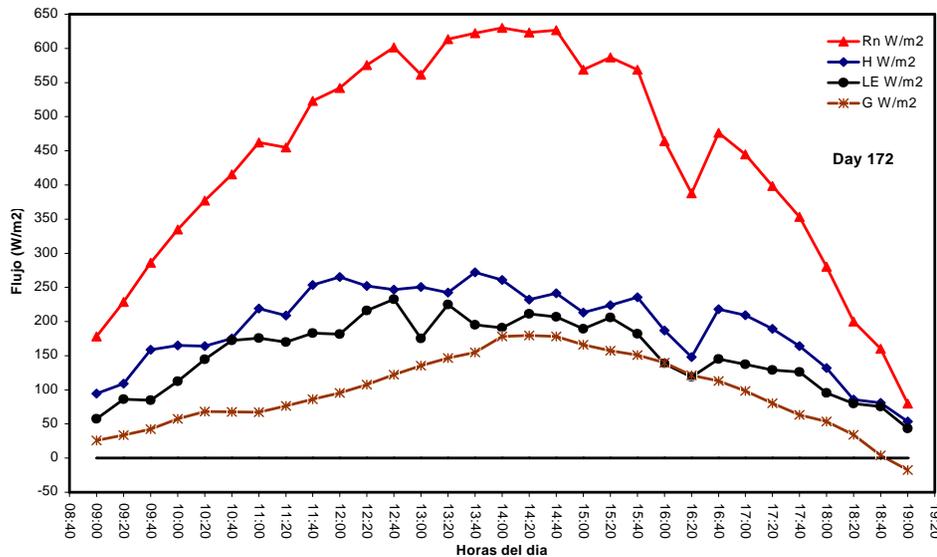


Figura 4.6. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 106 días después de transplante

4.3. Evolución de los componentes de balance de energía en la superficie través del día durante la etapa de senescencia del cultivo .

Las variaciones de los componentes del balance de energía a través del día en la etapa de senescencia del cultivo se evaluaron el día 182 y 187, que corresponden a 116 y 121 días después de transplante, respectivamente (Figuras 4.7 y 4.8). En ambos días se tuvieron condiciones de nubosidad intermitente y la Rn mostró grandes variaciones a través del día. Nótese que en los dos días, Rn se disipa en su mayor parte en H y en una magnitud mucho menor y en aproximadamente la misma proporción en G y LE. La lamina total evapotranspirada los 116 días después de transplante fue de 1.24 mm y a los 121 días de solo 0.954 mm, ya que en la senescencia el cultivo básicamente deja de consumir agua.

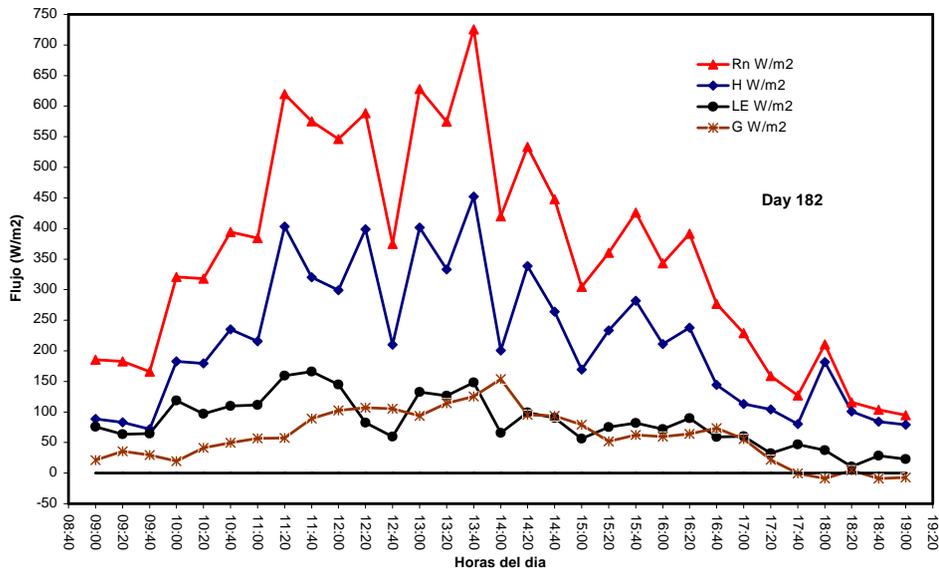


Figura 4.7. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 116 días después de transplante

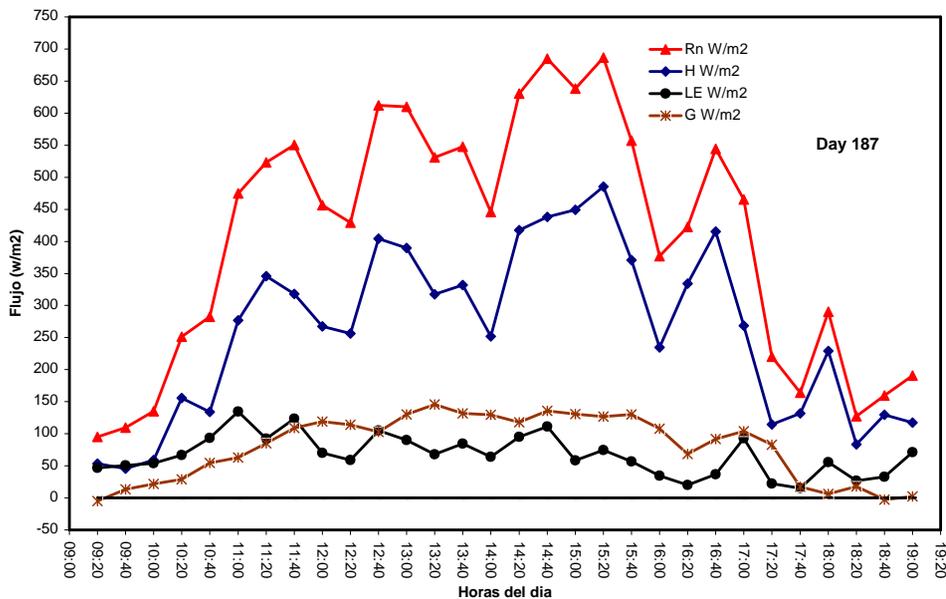


Figura 4.8. Evolución diurna de los componentes del balance de energía sobre un cultivo de chile Morrón con acolchado plástico negro: radiación neta

(R_n), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en la superficie del suelo (G), observados a los 121 días después de transplante.

4.4. Flujos integrados diarios en diferentes días después de siembra.

Para evaluar la distribución de los flujos de energía a través del día, se integraron los flujos instantáneos ($W\ m^{-2}$) para periodos de tiempos, de las 9:00 a las 19:00 para obtener los flujos integrados totales ($MJ\ m^{-2}$). Los valores correspondientes para diferentes días después de siembra se muestran en el Cuadro 4.1.

Dado que durante el día, R_n es la fuente de energía en la superficie, este es el término dominante de los componentes de la energía. Nótese que R_n se disipa principalmente en H, y en aproximadamente la misma proporción en LE y G. Debido a que la superficie estuvo bajo condiciones de humedad muy limitada durante todo el desarrollo del cultivo, la radiación solar incidente aumento considerablemente la temperatura de la superficie y el flujo de calor sensible (H) fue la disipación principal de la radiación neta.

Las laminas evapotranspiradas mayores (2.045 y 2.271) se registraron durante la etapa de floración y fructificación, estas laminas son muy pequeñas con relación a las necesidades hídricas del cultivo para un optimo crecimiento y desarrollo, lo cual indica que el cultivo estuvo bajo condiciones d estrés hídrico durante todo el ciclo de crecimiento.

Cuadro 4.1. Valores integrados de Radiación neta (Rn), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (LE), flujo de calor en la superficie del suelo (G), lamina de agua evapotranspirada (mm) y la proporción en que Rn se disipa en H, LE y G, sobre un cultivo de chile morrón con acolchado plástico negro.

Días	Días después de transplante	Intervalo de tiempo	H (Mj/m ²)	LE (Mj/m ²)	Rn (Mj/m ²)	G (Mj/m ²)	Lamina (mm)	H/Rn	LE/Rn	G/Rn
127	61	9:20-19:00	7.625	2.986	13.907	3.296	1.219	0.548	0.2147	0.2370
133	67	9:00- 19:00	5.310	4.391	14.009	4.307	1.792	0.379	0.3134	0.3075
137	71	9.00-19.00	7.226	4.225	14.992	3.542	1.724	0.482	0.2818	0.2362
143	77	9:00-19:00	8.341	4.142	16.531	4.048	1.691	0.505	0.2506	0.2449
145	79	9:00-19:00	7.269	5.010	16.409	4.131	2.045	0.443	0.3053	0.2517
172	106	9:00-19:00	7.053	5.563	16.195	3.580	2.271	0.435	0.3435	0.2210
182	116	9:00-19:00	7.937	3.048	13.185	2.199	1.244	0.602	0.2312	0.1668
187	121	9:20-19:00	9.289	2.337	14.485	2.859	0.954	0.641	0.1613	0.1974

V. CONCLUSIONES

En la evolución de los componentes del balance de energía sobre la superficie, a través del día, la radiación neta (R_n) es el término dominante. Debido a que la superficie estuvo bajo condiciones de déficit de agua en el suelo, durante todo el ciclo de desarrollo, la mayor parte de la radiación neta se disipó en flujo de calor sensible (H).

Durante la etapa vegetativa y bajo condiciones de cielo despejado, el flujo de calor en el suelo (G) es mayor que el flujo de calor latente (LE) en el rango de tiempo de aproximadamente las 12:00 a las 15:00 hr, esto indica que la R_n se disipa más hacia G que hacia LE .

Bajo condiciones de cielo nublado, la radiación neta se distribuye más proporcionalmente en flujo de calor sensible, flujo de calor latente y flujo de calor en el suelo.

La lamina total evapotranspirada diaria fue menor de 2.5 mm por día, indicando que el cultivo estuvo bajo condiciones de déficit de humedad en el suelo durante todas las etapas del ciclo de crecimiento del cultivo.

Cuando el cultivo alcanza su máximo desarrollo foliar, el flujo de calor latente es mayor que el flujo de calor en el suelo la mayor parte del día. Durante la etapa de senescencia, la mayor parte de la radiación neta se disipa en flujo de calor sensible y una magnitud mucho menor y en aproximadamente la misma proporción en flujo de calor en el suelo y flujo de calor latente.

VI. RESUMEN

Se evaluó la distribución de los flujos de energía a través del día a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo de chile morrón bajo acolchado plástico. Los flujos de calor sensible, latente se midieron con un sistema eddy, colocado en el extremo sur del lote experimental a una altura de un metro sobre el dosel de las plantas. Las mediciones se realizaron durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Los resultados de este estudio indicaron que la evolución de los componentes del balance de energía sobre la superficie, a través del día, la radiación neta (R_n) es el término dominante. Debido a que la superficie estuvo bajo condiciones de déficit de agua en el suelo, durante todo el ciclo de desarrollo, la mayor parte de la radiación neta se disipó en flujo de calor sensible (H). Durante la etapa vegetativa y bajo condiciones de cielo despejado, el flujo de calor en el suelo (G) es mayor que el flujo de calor latente (LE) en el rango de tiempo de aproximadamente las 12:00 a las 15:00 hr, esto indica que la R_n se disipa más hacia G que hacia LE . Cuando el cultivo alcanza su máximo desarrollo foliar, el flujo de calor latente es mayor que el flujo de calor en el suelo la mayor parte del día. Durante la etapa de senescencia, la mayor parte de la radiación neta se disipa en flujo de calor sensible y una magnitud mucho menor y en aproximadamente la misma proporción en flujo de calor en el suelo y flujo de calor latente.

VII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, V. P. 1999. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno, Agroeconómico de la Fundación Chile en el número, (5): 1- 9
- Baldocchi, D.D. y C. A. Vogel, (1997): "Seasonal variation of energy and water vapor exchange rates above and below a boreal jack pine forest canopy", Journal of Geophysical Research, 102, pp. 28939-28951.
- Bhella, H.S. 1998. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. J Amer. Soc. Hort. Sci. (113):543-546
- Bringhurst, R. and V. Voth. 1990. Culture and physiological manipulation of California strawberries. Hortscience 25 (8): 889-892.
- Burgueño, H. 1997. La fertilización en cultivos hortícola con acolchado plástico.. Primera edición. Ed. Grupo formatos. México, D. F. (3):30 -45
- Cano, A. M., F. 1994. El cultivo del Chile. Monografías. Pimiento. 1 5- 68 p.
- Cantamutto, M., M. Ayastuy., I. Kroeger., V. Elisei. y P. Marinángelli. 2000. Efectos del sistema de iniciación y del acolchado del suelo sobre la producción de melón en el Sur de la provincia de Buenos Aires. Revista de la Facultad de Agronomía 102(2):149-154.
- Cerón, F. H. 1999. Efecto del acolchado plástico en el crecimiento y desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) .Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mexico.
- Csizinszky, A.A., D.J. Schuster. and J. B. Krinkg. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:778-784.
- De La Rosa, M., M. R. Quezada ., J. Munguia, L. Ibarra y Ochoa. 2003. Control of Fusarium and Phytium by solarization with two plastic protot ypes formulates for Greenhouse Covers. Int jour. of Exp. Bot. (Phyton) en Prensa.
- Díaz-Pérez, J.C. 2002. Colored Plastic Film Mulches Affect Tomato Growth and Yield Via Changes in Root-zone Temperature. Department of

Horticulture, University of Georgia, Tifton, Georgia 31794. Art. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(1):127-136.

Ediño, W. 1999. Propiedades de los films plásticos agrícolas y principales aplicaciones, *Acta Horticulturae*. (2):13-20

Francescangeli, N. 2006. Influencia del color del acolchado plástico de suelo en parámetros vegetativos y productivos de pimiento en el NE de la provincia de Buenos Aires. *Phytón*. (5):32-45

García, L. 1959. Horticultura. SALVAT Editor es S. A.; Segunda Edición. Barcelona, Madrid. España. 256 p.

Guenko, G. 1983. Fundamentos de la Horticultura cubana. La Habana Cuba. Segunda edición Madrid España, 354 p.

Haddad, R. y V. Villagran. 1988. Uso de acolchado plástico en plantaciones de frutillas. *Chile Agrícola* 13(134): 128-130.

Ham, J. M. and G. Kluitenberg. 1994. Modeling the effect of mulch optical properties and mulch-soil contact resistance on soil heating under plastic mulch culture. *Agric. For. Meteorol.* (71):403-424.

Han, L., S.J. Liu., J. Wang. and J. Wang. 2003. Study on energy balance over different surfaces. Dept. of Geogr., Beijing Normal Univ. China. Volume 5, on page (5): 3208-3210

Hanada, C, A . 1991. The Effect of mulching and row cover on Vegetable Production. Exp. Stn. Uneno 200, Ayabe city, Kyoto, Japan *Horticulture* (69): 18-24.

Henao, F. 2001. Acolchamiento de suelos con polietileno . *Agroeconómico de la Fundación Chile* en el número 80 (3):15-45.

Hochmuth, G. 1995. Manejo del nitrógeno con acolchados plásticos. *Productores de Hortalizas*, Publicaciones periódicas, septiembre, México. (3):50-75.

Idso, S., R. Jackson, y R. Reginato. (1975): "Estimating evaporation: a technique adaptable to remote sensing", *Science*, 189, pp. 991-992.

Ibarra, J. L. 1997. Acolchado de suelos con películas plásticas. Curso nacional de plásticos en la agricultura. UAAAN-Centro de Investigación en

- Química Aplicada. Del 3-7 de noviembre de 1997. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Itesm, C. 2002. Generalidades de acolchado. Agroeconómico de la Fundación Chile en el número 99(3):10-65.
- Janick, J., 1985. Horticultura Científica e Industrial. Editorial Acriba, Zaragoza. España.564.pp.
- Jiyame, J. y A. Zermeño-González 2003. Aplicación del enfoque de evapotranspiración a equilibrio en la agricultura de riego en zonas áridas. *Agrociencia* 37:553-563.
- Jensen, M. E., R. D. Burman, and R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. Manual and reports on engineers practices N° 70. American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, USA. 332 p.
- Kanemasu, E.T., M. L. Weslwy., B. B Hicks and J.L. Heilman.,1979. Techniques for calculating energy and mass fluxes. In : Modification of the Aerial Environment of crops. B.L Barfield and J.F Gerber, (eds) Amer. Soc. Of Agric.Eng., st. Joseph. MI.162p.
- Kustas, W.P. y J. M, Norman. (1999): "Evaluation of soil and vegetation heat flux predictions using a simple two-source model with radiometric temperatures for partial canopy cover", *Agricultural and Forest Meteorology*, 94, pp. 13-29.
- Lamont, W. J. Jr. 1993. Plastic mulches for production of vegetable crops. *Hort Technology* (3):35 – 39.
- Lamont, W. J. Jr, 1999. The use of different colored mulches for yield and earliness, Extension Vegetable Specialist, Department of Horticulture , 206 Tyson Building, Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, (6):206-220
- Lara, M. A. 1993. Efecto del uso de películas fotoselectivas de plástico para acolchado de suelos en el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) cv. Yolo Wonder. Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Luo, Y., R. Loomis, and T. Hsiao. 1992. Simulation of soil temperature in crops. *Agric. For. Meteorol.* (61): 23-38.
- Martínez, S., A. 1999. Evaluación de dos cultivares de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo sistema de acolchado de suelo y riego

por goteo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Martínez, R. 1997. Efecto del Acolchado en la Temperatura del Suelo Superficial del Suelo y su Relación con el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.
- Mahrer, Y. 1979. Prediction of soil temperature of a soil mulched with transparent polyethylene. *J. Appl. Meteorol* (18):1293-67
- Mahrer, Y. 1980. A numerical model for calculating the soil temperature regime under transparent polyethylene mulches. *Agric. Meteorol.* (22):227-234.
- Mashingaidze, A. B., O. A. Chivine. and C, Zishire. 1996. The effects of clear and black plastic mulch on soil temperature, seed viability and seedling emergence, growth and yield of tomatoes. *J Appl. Sci South. Africa.* 2:6-14.
- Mairero, M., F. D. Schales. 1987 Genotypes and plastic mulch effects on earliness, fruit, characteristics, and yield in muskmelon. *Hortiscience.* 80 p.
- Misle, E. y A. Norero. 2000. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas II. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades. *Agricultura Técnica (Chile).* (12):160 -185
- Moguer, O. 2001. Evaporación y balance de energía en alfalfa. *En Agrociencia* (35): 13-21.
- Monteith, J. L. (1981): "Evaporation and surface temperature", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107, pp. 1-27.
- Munguia, J., A. Zermeño., R, Quezada., M. de la Rosa., L. Ibarra., Torres- B., A. 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melon bajo acolchado plástico, *Phyton, Buenos Aires*, (2004):181-192.
- Neuruer, H. 1984. Further results of trials with bitumen mulch in crop production *Hort. Sci num.* 7 (8). 35-44
- Ñahuín Y. A. 1999. Utilidad de plásticos en la propagación de plantas. Apuntes del curso de principios de propagación de plantas. Universidad Nacional Agronomía De La Molina. Perú. 220 p.

- Orzolek, M. D. and J.H. Murphy. 1993. The effect of colored polyethylene mulch on the yield of squash and pepper. Proceedings 24th National Agricultural Plastics Congress, (6): 157-161.
- Oriolani, M., A. de Torrontegui., G. Martin. 1979. Uso de película de polietileno como cobertura de suelo. Folleto N° 57. INTA.
- Pilatti, R., A y J.,C. Favaro. 1999. El cultivo de Pimiento bajo invernadero. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España 350 P.
- Price, J. (1982): "On the use of satellite data to infer surface fluxes at meteorological scales", Journal of Applied Meteorology, 21, pp. 1111-1122.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de Chile SARH –INIA. pp 5-18. León, Gto, México.
- Restrepo, N. C., M.A, Arain .,2005 Energy and water exchanges from a temperate pine plantation forest. Editor:Beltaos, S. , Martz, L. W. , Moore, D. , Pomeroy, J. Hydrological , (19): 1: 27- 49.
- Rivas, R., V. Caselles,. (2004). A simplified equation to estimate spatial rce evaporation from remote sensing-based surface temperature and local meteorological data. Remote Sensing of enviroent (93): 68-76.
- Robles, F. Sin fecha. Ficha técnica para el cultivo de pprika. Fonagro -Chincha. La Habana Cuba
- Robledo, P. F. y L. U. Martín. 1988. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Acolchados de suelos con filmes de plásticos 2 ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España 573 P.
- Rodríguez, J. L. 1999. Nuevos calibres. Publicación Mensual. Productores de Hortalizas. Agosto. México. (8): 10-11.
- Solplas, M. 2002. Características del Films. 3 ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España 571 P.
- Sowers. R., M. Welterlen. 1998. Seasonal establishment of bermudagrass using plastic and straw mulches, American Society of Agronomy, Agronomy journal(Print) (80):11, 144-148 ...
- Spano, D., P.Duce. , R. L. Snyder., 2004. Estimate of mass and energy fluxes over grapevine using eddy covariance technique. Editor: Snyder, R. L. Acta Horticulturae, (664):631 – 638.

- Splittstoesser, W. E. and J. E. Brown. 1991. Current changes in plasticulture for crop production. National Agricultural Plastic Congress. Mobile, Alabama. P 241-251.
- Tarara, J. M. Microclimate modification with plastic mulch, HortScience, (35):2. 169-180.
- Toshio, H. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. Agr. Exp. Stn. Japón._Sci.(102):620-650..
- Verma, S.B. 1990. Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. Remote sensing Reviews, 5(1):99-115.
- Wien, H., C. and P. L. Minotti. 1987. Growth. Yield. and nutrient uptake of transplanted fresh-market tomatoes as affected by plastic mulch and initial nitrogen rate. J Amer. Soc. Hort. Sci.(112):759-763.
- Valadez, L., A. 1996. Producción de Hortalizas. 5ta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. Pp.185 -197. México. D. F
- Vélez, F. 1996. Desarrollo de polietileno lineal baja densidad en aplicaciones agrícolas. Memorias 1996.Tecnologías Agrícolas con plásticos. Simposium internacional 1996. Veracruz, México. P. 13 -36.
- Vuelvas, C. A, y L. T Díaz. 1995. Perspectivas del riego presurizado en la agricultura de bajío. Memorias del Simposium Internacional. León, Gto, México.
- Wu, Y., K. Perry. and J. Ristaino. 1996. Estimating temperature of mulched and bare soil from meteorological data. Agric. For. Meteorol. (8):299-323.
- Zermeño – Gonzalez, A. 2001. Métodos micrometeorológicos para medir flujos de calor y vapor de agua entre los cultivos y la atmósfera. Memoria de la XII semana internacional de agronomía 5-7 de septiembre del 2001. Gómez Palacios Durango.