

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO “**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**Asimilación de Bióxido de Carbono por el Chile morrón (*Capsicum annuum*
L.) bajo Acolchado Plástico Plateado.**

**Por:
JOSE ANTONIO VALENCIA TRINIDAD**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO “

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

**Asimilación de Bióxido de Carbono por el Chile morrón (*Capsicum annuum*
L.) bajo Acolchado Plástico Plateado.**

TESIS

Realizado por:

JOSE ANTONIO VALENCIA TRINIDAD

**Que se somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como requisito
Parcial para Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACION

Aprobado por:

Dr. Alejandro Zermeño González
Asesor principal

Dr. Juan P. Munguía López
Asesor externo

Ing. M.C. José Alexander Gil Marín
Asesor

Dr. Raúl Rodríguez García
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2007.

DEDICATORIA

A mis padres

Rosa Aurora Trinidad Cal Y Mayor y Filemón Valencia Hernández (†)

Con mucho cariño, amor y respeto a quienes me dieron la vida. A mi padre que siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas, dándome desde el cielo su bendición, a quien estando vivo me supo dar mucho cariño, consejos y amor y por quien hoy soy una persona de bien. A mi madre, que con mucho sacrificio logro apoyarme para poder terminar mis estudios y por ser una fuente de inspiración, consejos y apoyo incondicional para poder salir avante, estoy muy orgulloso de ti y quiero que sepas que te quiero mucho.

A mis hermanos

Ing. Rogelio Valencia Trinidad

Con cariño para quien es mi mejor amigo al cual quiero mucho, por todo el apoyo económico y moral brindado, por tener tiempo para escucharme y darme consejos, pero sobre todo por ser el mejor hermano del mundo. A mis hermanas Blanca Elena y Patrona, por el cuidado, amor y cariño que me dieron en mi niñez.

A mi esposa

Angélica Del Ángel Solís

Con mucho amor para quien compartió conmigo alegrías y tristezas, durante mi estancia en esta universidad, por comprenderme y apoyarme incondicionalmente, y sobre todo por darme un hijo muy hermoso, gracias.

A mi hijo Toñito

De todo corazón para quien es el motor que me impulsa a seguir adelante, por las tantas alegrías que me has dado, te amo.

A mis sobrinos

Yesenia, Monse, Isabel, Ubaldo, Rosa Isela, Edgar, Joaquina, Julio, José, Tomas, Rosita y Mariana, por todo el cariño y alegrías que me han brindado.

A mis maestros

Por todos los conocimientos y consejos transmitidos durante mi formación en mi ALMA TERRA MATER.

A mis amigos y compañeros de la universidad

Chisco, Beto, Vero, Jacobo, Yesenia, Chente, Tirzo, Mariano, Robertoni, Regina, José Luís, Chuy Beto, Robert, Uc, Noe, Cristóbal, Chanona, Pancho, Hugo Estrella, Gerardo, Márquez, José Manuel, Manuel Efraín, Flaco, Eder, Rubén, Vladimir, Benito,

AGRADECIMIENTOS

AL CREADOR DEL UNIVERSO (DIOS)

Por darme la vida y por estar siempre conmigo bendiciendo e iluminando mi camino. Gracias señor por no dejarme solo en los momentos más difíciles de mi vida y por darme la oportunidad de vivir en armonía y paz. Por todos los logros que gracias a ti he obtenido, por los momentos felices que me has dado y por darme la capacidad para comprender las cosas y salir adelante.

A DON ANTONIO NARRO (†)

Por el legado que dejó a futuras generaciones, por preocuparse de cómo hacer producir la tierra, donando su hacienda para que se construyera una escuela superior de agricultura para gente de escasos recursos, hoy en día “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, que apoyó y preparó a muchos ingenieros para cumplir tu sueño, gracias muchas gracias.

A MI ALMA TERRA MATER (UAAAN)

Por ser una universidad enfocada a la agricultura, base para la alimentación humana, gracias por todos los apoyos brindados durante mi carrera, ya que sin ellos, no hubiera logrado mis objetivos como estudiante.

AL Dr. Alejandro Zermeño González

Gracias por todo el apoyo y tiempo brindado para la realización de esta tesis y por los conocimientos transmitidos durante mi etapa de alumno, por ser además de maestro, un amigo que inspira confianza.

Al Dr. Juan P. Munguia López

Por el tiempo y apoyo brindado para realización de este trabajo y por todas las aportaciones hechas para la mejora del mismo.

Al Ing. M.C. J. Alexander Gil Marín

Por el tiempo dedicado para la realización de este trabajo y por las aportaciones hechas para la mejora del mismo.

Al (CIQA),

Por dedicarse a la investigación para mejorar la producción agrícola que conlleva a ser un país cada vez mejor, por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación y por apoyar a los estudiantes en la realización de diversas investigaciones para la realización de sus tesis.

Al lic. Carlos Livas Hernández,

Por todo el apoyo recibido, por los consejos y por ser un gran amigo, a quien admiro y respeto mucho.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE CUADROS.....	9
I. INTRODUCCION.....	10
Hipótesis.....	11
II. REVISION DE LITERATURA.....	12
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	12
2.1.1 Clasificación Taxonómica.....	12
2.1.2 CARACTERISTICAS BOTANICAS.....	12
2.1.3 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS.....	14
2.2 Generalidades del acolchado.....	17
Origen del acolchado.....	17
Usos en la agricultura.....	17
2.2.1 Características de algunos acolchados plásticos.....	19
2.2.2 Principales efectos del acolchado plástico.....	22
2.2.3 Intercambio gaseoso entre el suelo y el aire.....	26
2.3 Relación entre el acolchado plástico y el crecimiento y rendimiento de chile.....	26
2.4 Relación entre el acolchado plástico y la fotosíntesis del cultivo de chile ...	27
2.5 Antecedentes de trabajos relacionados con mediciones de flujos de CO2 entre diferentes tipos de superficies vegetales (cultivos) y la atmósfera.	27
III. MATERIALES Y METODOS.....	29
3.1 Ubicación y características del sitio experimental.....	29
3.2 Establecimiento del experimento.....	29
3.3 Consideraciones Teóricas.....	30
3.4 Instrumentación y Mediciones.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	34
4.1 Flujo de bióxido de carbono entre la superficie vegetal y la atmosfera.....	34
4.2 Radiación neta, flujo de calor latente y flujo de bióxido de carbono entre la superficie y la atmosfera.....	42
CONCLUSIONES.....	46
RESUMEN.....	47
LITERATURA CITADA.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones del lote de estudio y ubicación del sistema eddy.	31
Figura 2. Sensores principales de un sistema eddy. 3-D sonic anemometer y CS7500 open path CO ₂ /H ₂ O gas analyzer.....	33
Figura 3. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 112 del año (46 días después de transplante).....	35
Figura 4. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 115, 116 y 117 del año (49, 50 y 51 días después de transplante).....	35
Figura 5. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 120 del año (54 días después de transplante).....	37
Figura 6. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 150 del año (84 días después de transplante).....	37
Figura 7. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 154 del año (88 días después de transplante).....	39
Figura 8. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 159 del año (93 días después de transplante).....	39
Figura 9. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 161 del año (95 días después de transplante).....	41
Figura 10. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 161 del año (95 días después de transplante).....	41
Figura 11. Relación entre lamina evapotranspirada y flujo de bióxido de carbono observado a diferentes días después de transplante.....	44
Figura 12. Relación entre radiación neta y flujo de bióxido de carbono observado a diferentes días después de transplante.....	44
Figura 13. Valores integrados de flujo de bióxido de carbono observados a diferentes días después de transplante.....	45
Figura 14. Valores integrados de flujo de bióxido de carbono de las 09:00 a 15:00 horas a diferentes días después de transplante.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Flujos integrados de bióxido de carbono (FCO_2), radiación neta (R_n), flujo de calor latente (LE) y lamina evapotranspirada (Lam ET); y la relación entre lamina evapotranspirada y Flujo de bióxido de carbono, y radiación neta con flujo de CO_2 , observados a través del ciclo de desarrollo del cultivo en diferentes intervalos de la hora del día.	43
--	----

I. INTRODUCCION

El chile es uno de los cultivos más importantes en nuestro país y el de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvo y curtido. En México existe una diversidad de chiles de diferentes tipos en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y pungencia. Estudios taxonómicos coinciden en que son cinco las especies cultivadas: *Capsicum baccatum* L., *C. chinense* L., *C. pubescens* L., *C. frutescens* L. y *C. annuum* L., de las cuales ésta última es la más importante, agrupa la mayor diversidad de chiles, ya sean cultivados o silvestres (*Pickersgill, 1969*). El cultivo de chile morrón se adapta a los diversos climas y tipos de suelo del país, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2500 m (*Eshbaugh, 1975*).

Después del jitomate, es el cultivo hortícola más importante desde el punto de vista socioeconómico y alimenticio. Se utiliza también en aplicaciones farmacéuticas como parches y pomadas anestésicas o antiinflamatorias. Sus consumidores han adjudicado a este fruto propiedades benéficas que incluyen hasta la prevención de un infarto (*Martínez, 1994*).

Los cultivos hortícola 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 limitan su producción, para poder preservarla es necesario usarla de manera eficiente en los sistemas de producción agrícola bajo riego (*Tijerina, 1999*). Para mejorar la eficiencia en el uso del agua, se ha implementado la utilización de acolchado plástico en suelo, ya que reduce la evaporación del agua, además crea un microclima que amortigua los cambios de temperatura del mismo y ayuda en el control de malezas (*De la Rosa, 1999*).

Además, la película plástica que es casi impermeable al gas, modifica el intercambio gaseoso recíproco entre el aire y el suelo. Como efecto del acolchado las raíces liberan CO₂ que se acumula debajo del mismo y se canaliza a través de

las perforaciones concentrándose alrededor de la planta, la pequeña cantidad de bióxido de carbono liberado debe promover mayor actividad fotosintética (*Serrano, 1990*).

Las diferencias de asimilación de CO₂ en cada etapa fenológica están relacionadas con el índice de área foliar y con el porcentaje de radiación interceptada. La tasa de fotosíntesis del dosel responde al incremento de índice de área foliar (IAF) por que existe mayor porcentaje de radiación interceptada. La tasa de fotosíntesis es mayor en las plantas manejadas con densidades altas y despunte, debido al mayor índice de área foliar que conduce a mayor porcentaje de intercepción de radiación fotosintéticamente activa por el dosel (*Gardner et al 1985*).

El acolchado plástico plateado refleja más radiación de onda corta que el suelo y mantiene mayor humedad en el perfil superior del mismo, esto puede afectar la tasa de asimilación de CO₂, por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del acolchado plateado en el balance de energía y la asimilación de bióxido de carbono.

Hipótesis

El acolchado plástico plateado mejora la disponibilidad de agua para el cultivo en el perfil superior del suelo, e incrementa la reflectividad de la radiación solar, y como resultado se aumenta la tasa de asimilación de bióxido de carbono.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

2.1.1 Clasificación Taxonómica

Según *Janick, (1965)* es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledónae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceae

Genero: *Capsicum*

Especie: *annuum*.

Nombre común: Pimiento morrón

2.1.2 CARACTERISTICAS BOTANICAS

Raíz

El cultivo de Chile cuenta con un sistema radicular pivotante y profundo. La mayoría de las raíces están situadas a menos de 40 cm de profundidad del suelo, aunque en algunas variedades de la misma especie, su sistema radicular pueden llegar a profundidades desde los 70 hasta los 120 cm y lateralmente se pueden extender también hasta los 120 cm alrededor de la planta, esto dependiendo del tipo de suelo (*Guenko, 1983*).

Tallo

Pozo (1983), establece que el tallo tiene un aspecto semileñoso, se ramifica al menos unos 20 cm sobre la superficie del suelo. Con un crecimiento limitado y erecto herbáceo, subleñoso, cilíndrico o prismático de 30 a 120 cm de altura, varia según la variedad y zonas. *Guenko (1983)*, considera que los tallos tienden a lignificarse cuando la planta alcanza una cierta edad.

Hojas

Las hojas son simples alternas, lanceoladas, planas, brillantes, con dimensiones variables de 7.5 a 12.5 cm de ancho, pecioladas, enteras, la base es cuneada o aguda, presenta un pedicelo de una forma ovoide alargada (*Martínez, 1999*).

Flor

Las flores son sencillas, hermafroditas, presentando un color blanco, pecioladas y aparecen en las axilas, y partes terminales de las ramas; estas miden más de 5 mm de longitud, el cáliz es campanulado ligeramente dentado, de aproximadamente 2 mm de longitud, generalmente alargado cubriendo la parte basal de los frutos, rotada campanulada dividida en 5 o 6, mide de 8 a 15 mm de diámetro, presenta 5 a 6 estambres insertados cerca de la base de la corola, las anteras son anguladas, dehiscentes longitudinalmente; el ovario es bilocular, pero a menudo multilocular bajo domesticación, el estilo es simple, blanco o púrpura, el estigma es capitado. La fecundación que presenta este cultivo es totalmente autógama no superando el 10 % de alogamia (*SARH, 1994*).

Fruto

Es una baya semicartilaginosa indehiscente con una gran cantidad de semillas, colgante o erecto, naciendo solamente en los nudos, variables en cuanto a forma, tamaño, color y pungencia (picor); su forma es lineal globosa mide 1 a 15 cm de longitud, el fruto inmaduro es verde, mediante la maduración, estos presentan un color variable, es de rojo, naranja, amarillo o crema pueden pesar hasta 300 gr cada uno (*SARH, 1994*).

Semilla

Las semillas son redondas y ligeramente reniformes miden de 3 a 5 mm de longitud, están insertadas sobre una placenta cónica de disposición central, y son de color blanco - amarillo pálido (*Valadez, 1996*).

2.1.3 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS

Los factores ambientales son fundamentales en toda producción agrícola, ya que son los que determinan la mayor o menor floración y como consecuencia un rendimiento favorable de producción.

Temperatura

La influencia de la temperatura en el desarrollo fonológico del cultivo es preponderante tanto en la velocidad de crecimiento de las plantas como en la rapidez de la maduración de la fruta (*Burgueño, 1997*).

La temperatura es muy importante en las distintas fases de desarrollo del cultivo, por lo que se recomienda la óptima: Para la germinación, es entre 20 y 25 °C; la máxima es de 40 °C y la mínima es de 13 °C. Para el crecimiento vegetativo, entre 20 y 25 °C durante el día y de 16 a 18 °C durante la noche; la máxima es de 32 °C y la mínima es de 15 °C. Para la floración y fructificación, entre 26 y 28 °C durante el día y de 18 a 20 °C durante la noche; la máxima es de 35 °C y la mínima es de 18 °C.

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. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos pequeños. (Infoagro, 2003)

Humedad relativa

La humedad relativa entre 50 – 70%, especialmente durante la floración y cuajado de frutos son ideales para un óptimo crecimiento. Durante las primeras fases de desarrollo precisa y tolera una humedad relativa más elevada que en otras etapas. Pero por otra parte la HR mayor puede traer problemas de plagas y enfermedades, y puede provocar transpiración excesiva y abortamiento de flores (*Burgueño, 1997*).

Luminosidad

El pimiento exige de luminosidad durante todo su ciclo vegetativo, por lo que se le considera una planta de día largo, especialmente durante su floración, ya que por lo contrario sus flores serán débiles y escasas, además provocan el alargamiento excesivo de la planta, frutos y ciclo vegetativo (*Valadez, 1996*).

Requerimiento de suelo

El cultivo de Chile morrón se adapta a diferentes tipos de suelo, pero es preferible establecerlos en suelos profundos de 38 a 80 cm, de ser posible en suelos franco arenosos, franco limosos o franco arcillosos, con un alto contenido de materia orgánica y bien drenados (*Martínez, 1999*). El pimiento se adapta y se desarrolla en suelos con pH desde 6.5 a 7, por arriba o debajo de este rango no es recomendable su siembra, por que puede traer consecuencias negativas en la disponibilidad de los nutrientes del suelo (*Cano, 1994*).

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 varía en función de las condiciones climáticas del lugar y el tipo de suelo (*Cano, 1994*).

Al tercer día del trasplante se debe aplicar un riego, posteriormente a los seis u ocho días otro. 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. Los riegos son ligeros, cuando se trata de riego rodado se debe evitar que el agua no 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*).

En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5.5 a 7. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate (*Infoagro, 2003*).

Fertilización

Valadez, (1996) consideran que esto puede variar según la región, más sin embargo, generalmente se puede realizar la primera aplicación antes del trasplante o a los ocho días después y la segunda al inicio de la floración.

Un plan de fertilización al suelo se hace usualmente en 2 aplicaciones, una primera dosis alta en nitrógeno y fósforo para permitir el desarrollo de plantas vigorosas, follaje, raíces y otros órganos. La segunda aplicación, rica en potasio y elementos menores (con un menor contenido de N y P) se hace antes, durante y después de la floración. Su fin es promover la floración, así como el llenado de frutos de buen peso, apariencia y calidad.

La fertilización al suelo puede complementarse con aplicaciones foliares. En las aplicaciones foliares, es importante emplear un producto como el Surfacid, que

corrige el pH del agua, mejora la adherencia, penetración y efectividad de los agroquímicos y foliares, a razón de 1cc/litro de agua (1/2 copa de 25 cc por mochila de 4 galones. Cuando no se aplica en forma fraccionada el nitrógeno, se han observado algunas deficiencias moderadas de este nutrimento en suelos desnudos, por lo tanto es necesario en la utilización de acolchados (*Ibarra y Rodríguez, 1991*).

Densidad de siembra

En un sistema de transplante y riego por goteo, se suelen plantar a doble fila para aprovechar mejor el área de siembra, así como eficientar el uso del acolchado, para ello la densidad alcanza hasta 50,000 a 70,000 plantas/ha, con distancias entre 70 y 100 cm entre surcos; pero cuando aún se quiere eficientar mas el uso del sistema de acolchado y riego, se pueden acortar distancias entre surcos a 50 cm de distancia, alcanzando así una densidad de 90,000 a 100,000 plantas/ha, a una distancia entre planta de 25 – 30 cm. (*Nuez et al., 1996*).

2.2 Generalidades del acolchado

Origen del acolchado

En sus inicios, consistió en la colocación sobre el suelo de residuos orgánicos en descomposición (pajas, hojas secas, cañas, hierba, etc.) disponible en el campo. En la actualidad estos materiales se han vuelto costosos a más de que, por su volumen ocasionan que se invierta mucho tiempo y dinero en su transporte y colocación. Actualmente, los materiales antes mencionados están siendo substituidos por películas delgadas flexibles de material plástico como son polietileno (PE) y el polivinilcloruro (PVC) (*Cepla, 2006*).

Usos en la agricultura

La agricultura dispone del plástico (polietileno) para acolchado con el cual se cubren las camas como capa protectora. Esta capa actúa como barrera de separación entre el suelo y el ambiente, para amortiguar los efectos negativos. Las camas cubiertas de polietileno ofrecen además otras ventajas: la opacidad a la luz solar que impide el desarrollo de la vegetación espontánea que compite por los fertilizantes; la absorción de calor durante el día y su posterior restitución al ambiente exterior durante la noche que se convierte en un excelente medio de defensa contra las bajas temperaturas nocturnas, contribuyendo notablemente en la aceleración del desarrollo que redundará en precocidad e incremento de los rendimientos. El uso de polietileno como cobertura de las camas ha dado excelentes resultados y se incrementa de manera sustantiva en el mundo (*Henaó, 2001*).

Al cubrir el suelo con este tipo de material, el ambiente tanto del interior como del exterior sufre una serie de alteraciones, principalmente en cuanto a temperatura y humedad, lo que en la mayoría de los casos favorece la calidad del cultivo que crece bajo esta condición, y puede llevar a incrementar la eficiencia en la utilización del agua y los nutrimentos (*Itesm, 2002*).

La técnica del acolchado se puede aplicar en dos modalidades: el acolchado total y el parcial. Las dos presentan variantes; el uso de polietileno como cobertura de las camas ha dado excelentes resultados y se incrementa de manera sustantiva en el mundo. Los más utilizados han sido los plásticos negros, pero se han descubierto grandes beneficios adicionales con el desarrollo de los polietilenos fotoselectivos y coextruidos, que además de bloquear el paso de luz producen también una reflexión, con la cual aportan luz al reverso de las hojas, estimulando la fotosíntesis y por lo tanto la precocidad y el tamaño de los frutos. Los polietilenos con propiedades fotoselectivas son la más reciente innovación de plásticos para cobertura de suelos, estos plásticos tienen la capacidad de absorber la parte del espectro lumínico que estimula el proceso fotosintético, morfológico y dejan pasar el resto de la radiación (*Orzolek, 1996; State, 1995*).

2.2.1 Características de algunos acolchados plásticos

Acolchado transparente

Es el que proporciona mayor precocidad en los cultivos y también el que puede evitar los daños de heladas producidos por temperaturas críticas alrededor de los 0 °C, debido a que 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 calientan bastante, al calentarse el suelo hay una evaporación constante y en la parte interna del plástico se produce el fenómeno de condensación, por lo tanto, se puede tener una pantalla y el suelo no se enfría rápidamente, lográndose que durante la noche se evite la aportación de calor de suelo a la parte foliar de la planta. La desventaja que existe al emplear este material es que, al conseguirse una evaporación constante, se provoca un ritmo rápido de circulación en el suelo acolchado y en cada flujo se depositan sales en la superficie del suelo, además que permite el paso de radiación luminosa, que aumenta la temperatura del suelo, lo que favorece el desarrollo de malezas (*Cepla, 2006*).

Acolchado negro

Uno de los efectos importantes de este material es que impide el desarrollo de las malas hierbas, debido a que absorbe la mayor parte de la radiación, trayendo como consecuencia el mejor aprovechamiento de nutrientes y humedad del suelo por el cultivo, con lo que se tiene un mayor aumento en la producción, ya que no transmite 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. Además la temperatura del suelo durante el día es menor que la causada con el plástico transparente, se restringe a un efecto mínimo el movimiento ascendente de sales. El inconveniente es que el suelo se calienta en las partes de la planta que están en contacto con el acolchado. Absorbe gran

cantidad de calor absorbido y lo transmite por radiación hacia el suelo y la atmósfera, debido a este fenómeno, el suelo se calienta poco, en cambio la superficie de la película se calienta demasiado, pudiendo provocar quemaduras en la parte aérea de las plantas jóvenes en meses calientes. Su uso se recomienda ampliamente para el control de malezas y para tener mayor rendimiento y precocidad en los cultivos (*Itesm, 2002*).

Acolchado gris

Es de efectos intermedios, entre el plástico transparente y el negro opaco. Las malas hierbas se desarrollan en baja escala, ya que tienen una transmisión del 35% de la radiación visible. Proporciona menos precocidad que el plástico transparente, las plantas reciben más calor del suelo durante la noche, que cuando se utiliza el plástico negro opaco. Además que no existe el riesgo de quemaduras a los frutos y plantas (*Itesm, 2002*).

Acolchado blanco

Estas películas transmiten al suelo del 40% al 70% de la luz recibida, por lo tanto, tienen la propiedad de calentar el suelo más que el negro y menos que el transparente. Se recomienda su uso para meses templados (*Itesm, 2002*).

Acolchado plata

Presentan una gran reflexión foto lumínica hacia el follaje de la planta, incrementando el proceso de fotosíntesis y ahuyentando a los insectos. La transmisión de la luz hacia el suelo es menor a la del color blanco, dependiendo de la intensidad de la pigmentación de la película. Se recomienda su uso para los meses frescos. (*Itesm, 2002*).

Acolchado rojo

Se ha visto que mejora y acelera la madurez del fruto en tomate, además reduce la incidencia por ataque temprana de plagas y disminuye los riesgos por enfermedades transmitidas por algunos insectos (*Hort. Uconn, 2002*).

Se utiliza en cultivos estacionales, zonas con pocos riesgos de heladas y terrenos poco infectados por malas hierbas (*Hort. Uconn, 2002*).

Acolchado metalizado

Absorbe 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 daño del sistema radicular y repele algunos insectos. Su inconveniente es que en la noche no aporta calor a la planta, dejándolo completamente al riesgo de heladas y los costos son más altos que otras películas. 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 riesgos de heladas y no provoca quemaduras de frutos (*Itesm, 2002*).

Acolchado café

Los efectos son similares a los del negro, pero a una intensidad menor en cuanto a la reflexión de radiación y ligeramente menor en temperatura a diferentes profundidades (*Itesm, 2002*).

Acolchado azul opaco

Desarrollado especialmente para cultivos de fresa y melón, disminuye 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 el transparente, por lo que la temperatura se comporta de la misma forma. Se usa en zonas con poco riesgo de heladas (*Ediho, 1999*).

Acolchado marrón

El plástico transmite de 60 al 75 % de la radiación (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. El 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 calidas sin riesgo de heladas. Aumenta rendimiento y precocidad (Hort. Uconn, 2002).

Acolchado verde

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

2.2.2 Principales efectos del acolchado plástico

Control de malezas

La impermeabilidad a la luz solar de algunos polietilenos detiene el crecimiento de malezas. El plástico de color negro presenta buenas características, en cuanto que es totalmente impermeable a las radiaciones visibles, este tipo de películas para acolchado nos beneficia totalmente ya que posee un efecto herbicida y las malas hierbas que se encuentran debajo del plástico, pueden germinar pero posteriormente mueren ya que no pueden llevar a cabo el proceso fotosintético por la ausencia de luz.

Es considerado eficiente para el control de malezas, sin embargo, existen otras malezas difíciles de controlar como “el coquillo” (*Cyperus rotundis*). Esta práctica evita el uso frecuente de aplicación de agroquímicos (*Agroguías, 1998*).

Los plásticos que se deben usar para controlar malezas, son los opacos, negros o aluminizados y los bicolors que no permiten el paso de luz y detienen la fotosíntesis, reducen costo por mano de obra y el uso de herbicidas e insecticidas. Los beneficios proporcionados por acolchados que bloquean el desarrollo de malezas son tan grandes que en la mayoría de los casos, solo este factor justifica económicamente su inversión; adicionalmente al no tener que aplicar productos químicos para malezas, permiten obtener frutos de mejor calidad (*García, 1996*).

Humedad del suelo

La impermeabilidad del polietileno impide la evaporación del agua del suelo, consiguiendo que el líquido permanezca disponible por más tiempo, además el efecto generado por el acolchado en el interior de la cubierta favorece el movimiento del agua hacia la zona de las raíces, siendo estas más aprovechadas para las plantas cultivadas (*Ibarra y Rodríguez, 1991*).

Dependiendo de las propiedades químicas, así como del color, impiden la pérdida de agua ya sea en forma de vapor o líquida, creando un microclima que le permite a las plantas tener una mayor disposición de agua. Por otro lado, en los suelos no acolchados no existe control de evaporización por lo que la planta puede sufrir de estrés hídrico (*Rodríguez, 1994*).

Rodríguez, (1994) También recomienda que antes de emplear el acolchado, es fundamental escoger el calibre, ancho y color de película, ya que estos aspectos influyen notablemente en la temperatura del suelo, el microclima del follaje y la distribución espectral de la radiación.

Temperatura del suelo

La temperatura del suelo bajo un acolchado plástico depende de las propiedades termales (reflectancia, absorptancia y transmitancia) de un material en particular en relación con la radiación solar (*Hort.uconn, 2002*).

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 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 temperatura, siendo menor la fluctuación en suelos arcillosos y húmedos que en suelos arenosos y secos (*Hanada, 1991; Lammont, 1993*).

El control microambiental se obtiene al seleccionar las características de la película con mayor impacto sobre el factor ambiental específico, como es con la variación y magnitud de la temperatura del suelo cuando se cubre con la película de acolchado de diferentes colores, ocurre por que el color modifica la cantidad de radiación reflejada (reflectancia), transmitida (transmitancia) y absorbida (absorbancia), por el material (*Benavides, 2002*).

Todos los plásticos empleados en el acolchado consiguen incrementar la temperatura del suelo durante el día, a excepción del blanco y el aluminizado que refleja la luz. El plástico negro durante la noche es el que peor retiene el calor, el plástico blanco aumenta considerablemente la cantidad de luz aprovechable por las plantas (*Papaseit, et al. 1997*). El efecto de acolchado esta fuertemente influenciado por el tipo de plástico que se utilice (por composición química o por la coloración). Por otra parte para que dicho efecto sea relevante, la franja del suelo acolchado deberá ser suficientemente amplia (*Ibarra, 1997*).

Las películas transparentes y opacas de color oscuro aumentan la temperatura del suelo en 2 a 8 °C a una profundidad de 5 y 10 centímetros, en cambio las películas opacas de color claro aluminizado, al tener una mayor reflectancia disminuyen la temperatura en 1 a 3 °C a un suelo sin acolchado. Un rango más estrecho entre las temperaturas máxima y mínima del suelo significa un ambiente más estable para el crecimiento y desarrollo de la raíz (*Benavides, 2002*).

Las razones por el aumento en la producción con el uso de acolchado es por la modificación de la temperatura del suelo. Este efecto se deriva sobre todo de la supresión de la perdida de calor latente por evaporación. Los grados de diferencia en la temperatura dependen del color de la película plástica y la

intensidad de radiación solar (*Toshio, 1991*). Las diferencias en producción de algunos cultivos esta en respuesta a los colores de los diferentes acolchados, que son causados en parte por un aumento de la temperatura del suelo y por la gama de longitudes de onda reflejadas por cada acolchado (*Orzolek y Otjen, 2003*).

En un estudio realizado en el cultivo de tomate evaluando el efecto de acolchado de varios colores, en la temperatura de 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*).

Estructura del suelo

Al utilizar películas plásticas se favorece, por así decirlo, la estructura del suelo ya que mantiene la porosidad desde el inicio del cultivo hasta el final, claro siempre y cuando no se pisotee el suelo al momento de hacer las labores culturales.

Robledo y Martín (1988), aseguran que el uso del acolchado conserva una estructura óptima para el desarrollo radical de la planta, existiendo horizontalmente una constante humedad en la superficie del suelo, suministrando nutrimentos necesarios para los procesos metabólicos de la planta y evitando el crecimiento vertical de las raíces.

Rodríguez, (1994) menciona que un suelo acolchado tiene una estructura adecuada para el desarrollo de las raíces. Estas se hacen más abundantes y más largas en forma horizontal debido a que la planta localiza la humedad suficiente a poca profundidad. El incremento de raicillas estimula a la planta para efectuar mayor succión de aguas, sales minerales y demás fertilizantes, que producen

mayores rendimientos. El método de cobertura de suelos con polietileno contribuye efectivamente a evitar la erosión y el endurecimiento de la tierra.

2.2.3 Intercambio gaseoso entre el suelo y el aire

La película plástica que es casi impermeable al gas, modifica el intercambio gaseoso recíproco entre el aire y el suelo. Como efecto del acolchado, es lógico que las raíces liberan CO₂ y se acumula bajo el acolchado y se canaliza a través de las perforaciones concentrándose alrededor de la planta, la pequeña cantidad de CO₂ liberado debe promover mayor actividad fotosintética (*Itesm, 2002*).

Adicionalmente la presencia de la película restringe la difusión de vapor de agua y CO₂ desde el suelo hacia la atmósfera consiguiéndose de esa manera un micro ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas (*Benavides, 2002*).

2.3 Relación entre el acolchado plástico y el crecimiento y rendimiento de Chile.

En un estudio se comprobó que la cosecha se adelantó 13 días en comparación con el cultivo de Chile sin cubierta plástica, lo que demuestra la precocidad producida por el acolchado. En cuanto al rendimiento, se observó un incremento del 37 % en comparación con el cultivo sin cubierta. Una de las principales diferencias fue que el cultivo con acolchado obtuvo mayor número de frutos por planta y frutos de mayor tamaño, debido a un mayor número de flores que puede ser consecuencia de que las plantas con acolchado registraron significativamente mayores valores de altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco y seco por planta y mayor crecimiento radical horizontal y vertical (*Ibarra, 1985*).

En otro estudio se encontró que el acolchado presenta mayor efecto significativo en la mayoría de las variables del desarrollo y de la producción que la frecuencia de riego, las plantas bajo cubierta plástica se desarrollaron mejor y con

una altura mayor que las plantas en suelo desnudo. El incremento de la producción con acolchado fue 22 % mayor que sin acolchado, con acolchado se redujo el agua aplicada en un 35 % y la eficiencia en el uso del agua para producir chile seco fue 65 % mayor con acolchado. Con acolchado también se incrementó la calidad del chile. Esto se debe a que el número de flores sólo tuvo efecto significativo en la etapa de inicio de floración por efecto del acolchado, lo cual explica que en esa condición se acelera el desarrollo de la planta (*Delgado y Lara, 2001*).

Mendoza et al., (2004) Dice que el acolchado plástico afecta de manera contundente al crecimiento del chile jalapeño durante todo su ciclo de cultivo. En cambio los efectos del riego interaccionaron con el plástico para afectar el crecimiento después de los 48 días después de transplante. Los tratamientos con acolchado plástico produjeron un mayor índice de área foliar, producción de materia seca y rendimiento que el tratamiento sin acolchar. El efecto del color del plástico en el índice de área foliar, acumulación de biomasa y tasa de crecimiento relativo cambió con la edad de la planta, sin embargo el color negro mostró buenos resultados durante todo el ciclo del cultivo.

2.4 Relación entre el acolchado plástico y la fotosíntesis del cultivo de chile

El acolchado plástico, además de bloquear el paso de luz, produce también reflexión, con lo cual aporta luz al reverso de las hojas, estimulando la fotosíntesis y por lo tanto la precocidad y el tamaño de los frutos, además de que inciden en la reducción de áfidos y por lo tanto de ciertos virus de los cuales los insectos son vectores. (*Tpagro, 1995*).

Sin embargo, en otros estudios realizados, encontraron que la fotosíntesis es más afectada por la temperatura del suelo, que por la radiación fotosintéticamente activa (PAR) reflejada por el acolchado plástico (*Quezada et al., 2002*).

La intercepción de la luz es uno de los factores clave en la fotosíntesis para la producción de cultivos, ya que una inadecuada penetración de las zonas

cubiertas podría limitar la productividad. Las plantas de Chile se sometieron a riegos tales como riego por gravedad, goteo y goteo con cubiertas de plástico negro y plateado. La máxima luz interceptada por la cubierta de Chile fue 97% y 96% con cubierta negra y plateada respectivamente. Las plantas de Chile manejadas con riego por gravedad no usaron la radiación solar tan eficiente como las plantas crecidas con riego por goteo y las de cubierta plástica negra (Amador et al 2004).

2.5 Antecedentes de trabajos relacionados con mediciones de flujos de CO₂ entre diferentes tipos de superficies vegetales (cultivos) y la atmósfera.

En un estudio se evaluó la respuesta del intercambio gaseoso de cinco especies forestales (*Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Prunus integrifolia*, *Tabebuia rosea* y *Vytex cymosa*) entre las 07:00 y las 19:00 horas durante tres días diferentes. Se encontró alta asociación entre el aumento de radiación fotosintéticamente activa (RFA) y el incremento de fotosíntesis neta (P_N) y conductancia estomática (g_s) en *C. odorata* y *C. alliodora*, mientras que en *P. integrifolia*, *T. rosea* y *V. cymosa* se observó un efecto negativo. *C. odorata* y *C. alliodora* registraron mayor transpiración (E) relacionada directamente con RFA durante el día. *T. rosea* presentó mayor EUA ($0.0052 \text{ mmol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} (\text{H}_2\text{O}) \text{ Ha}^{-1}$) que *C. odorata*, *C. alliodora*, *V. cymosa* y *P. integrifolia* (0.0051 , 0.0044 , 0.0043 y $0.0035 \text{ mmol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} (\text{H}_2\text{O}) \text{ Ha}^{-1}$ respectivamente) (López et al., 2001)

García, (2007) encontró que las mayores asimilaciones en el Chile Morrón bajo acolchado plástico negro se presentan durante las primeras horas del día (09:00-13:00 hrs), después de las 16:00 hrs la asimilación decrece apreciablemente y después de las 19:00 ó 20:00 hrs la superficie es fuente liberadora de bióxido de carbono a la atmósfera. Después de la madurez fisiológica y una vez que el cultivo entra en senescencia, la superficie se comporta como fuente liberadora de bióxido de carbono durante el día y la noche.

III. MATERIALES Y METODOS

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 Coahuila. Las coordenadas geográficas del sitio son : 25° 40' 50" de latitud N, 101° 07' 25" de longitud O y una elevación de 1140 m.

El clima de la región es semiseco templado, la temperatura de lluvia se presenta en primavera y verano, con un rango de 300 a 400 mm anuales. La temperatura media anual oscila entre los 14 y 18 °C y los vientos predominantes son de dirección norte, con velocidad promedio de 22.5 km h⁻¹.

3.2 Establecimiento del experimento

El sitio de estudio corresponde aproximadamente a una superficie de 10 has recién desmontadas e incorporadas 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 plateado, 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 cintilla, colocado por debajo del acolchado plástico. Los riegos se aplicaron a una frecuencia promedio de 3 días. El gasto de aplicación fue de 325 L h⁻¹ /100 m, el tiempo promedio de riego fue de 6 horas, de tal forma que para el ancho de camas considerado, se aplicó una lamina 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 afecten 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 vegetación) 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 1) 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° , con el propósito de contar con un fetch de por lo menos 90 m (Figura 1). Las mediciones se realizaron durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

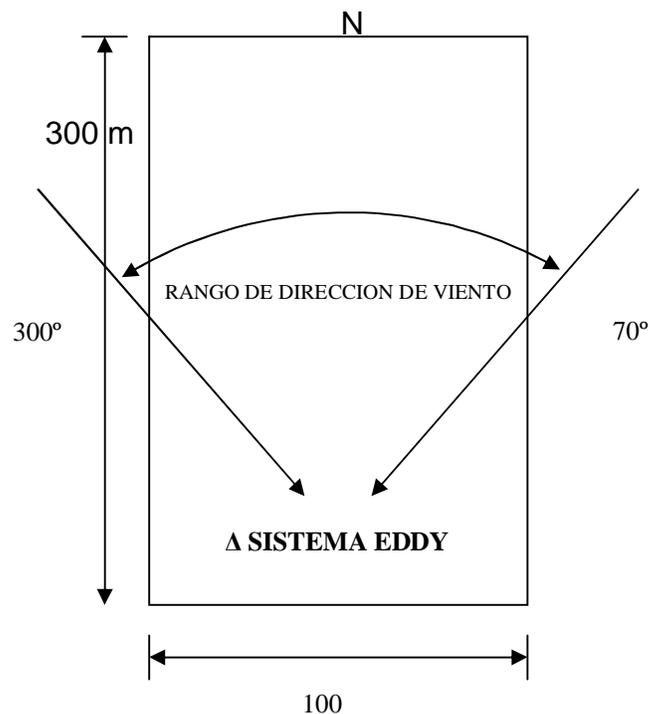


Figura 1. Dimensiones del lote de estudio y ubicación del sistema eddy.

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 , = Densidad del aire

C_p = Capacidad calorífica del aire

T_a = Temperatura del aire

ρ_{wv} = Densidad del vapor de agua en el aire

w = Velocidad vertical del viento

λ = Calor de vaporización del agua y,

ρ_{CO_2} = 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 min).

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 2). Estas mediciones se realizaron a una frecuencia de 10 Hz y las covarianzas se calcularon en segmentos de 20 min.



Figura 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). Para realizar estas correcciones, fue necesario determinar la densidad bruta del suelo utilizando la barrena de corazones, 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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Flujo de bióxido de carbono entre la superficie vegetal y la atmósfera

En la Figura 3 se observa que el día 112 del año (46 días después de transplante) la superficie asimiló bióxido de carbono de las 10:40 a las 16:20 hrs., con una tasa promedio de $-0.335 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-6.629 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. La máxima tasa de asimilación ocurrió a las 10:40, después probablemente la planta entro en un periodo de estrés, ya que la asimilación de CO_2 tiende a cero, pasado de las 13 horas la actividad vuelve a aumentar, lo que indica que probablemente se le aplico un riego muy ligero, ya que la liberación de CO_2 empieza a partir de las 16:40 hrs, donde la superficie empieza a actuar como una fuente liberadora de bióxido de carbono a la atmosfera, esto significa que la tasa de respiración del cultivo es mayor que la de fotosíntesis.

En la Figura 4 correspondiente a los días 115, 116 y 117 del año (49, 50 y 51 días después de transplante) se tuvieron buenas condiciones de dirección del viento de las 17:20 hrs del día 115 hasta las 22:20 hrs del día 117, de tal forma que se pudo evaluar la dinámica del flujo de CO_2 entre el día y la noche. Para el día 116, la planta asimiló CO_2 de las 09:00 a las 19:20 hrs, con una asimilación promedio de $-0.734 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-27.967 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. La máxima asimilación de presentó a las 10:40 hrs. Después de las 19:40 hrs. empieza la liberación de bióxido de carbono. Para el día 117 del año la asimilación ocurrió de las 08:40 a las 19:20 hrs, con una tasa promedio de $-0.898 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo total integrado de $-35.282 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, la máxima asimilación se presento a las 11:20 hrs. Después de las 19:40 horas la superficie empieza a liberar bióxido de carbono a la atmósfera.

Analizando las figuras anteriores, se observó que la asimilación de CO_2 fue aumentando, aunque en los últimos dos días no fue tan significativo, comparado con lo ocurrido el día 46 después de transplante. Con respecto al balance de flujo de CO_2 , de acuerdo a los datos integrados, se observa claramente que en los días 116 y 117 del año, la liberación de CO_2 fue mayor que la asimilación; esto significa, que la actividad de respiración en esos días fue mayor que la fotosíntesis.



Figura 3. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 112 del año (46 días después de transplante).

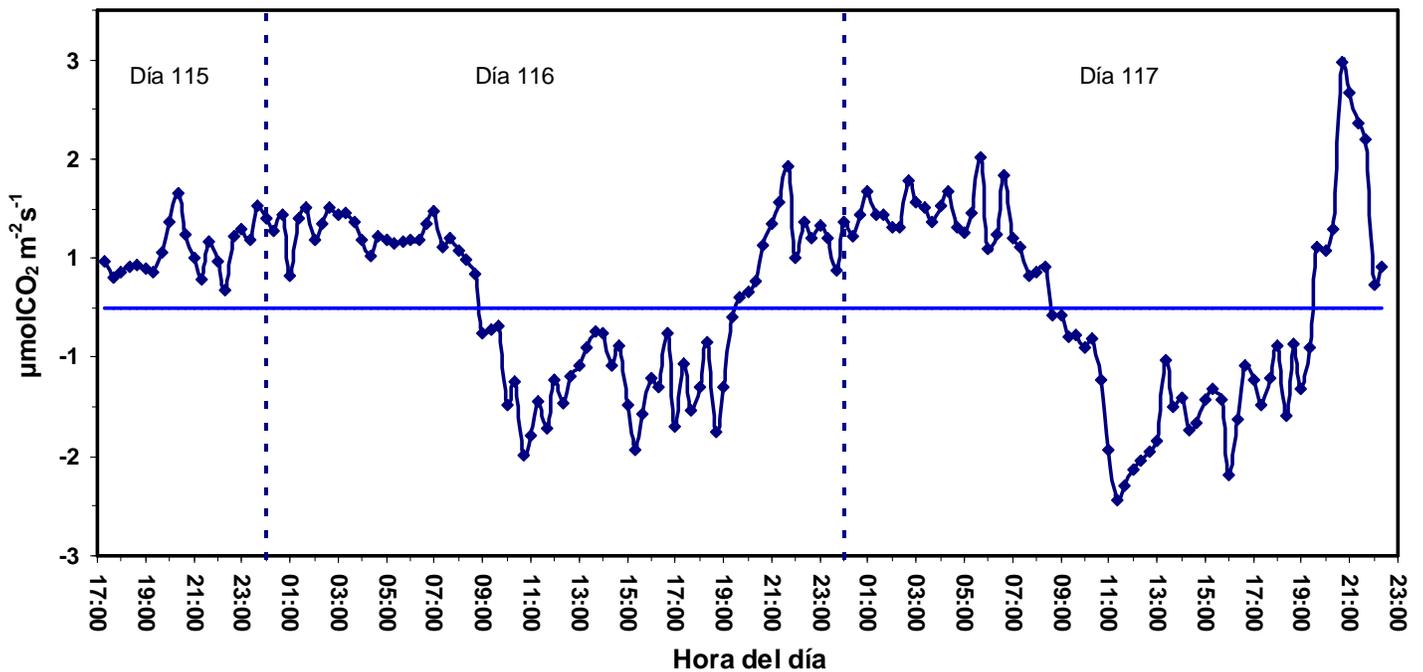


Figura 4. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados los días 115, 116 y 117 del año (49, 50 y 51 días después de transplante).

En la Figura 5 se observa que el día 120 del año (54 días después de transplante), la superficie asimiló bióxido de carbono de las 09:00 a las 20:00 hrs., con una tasa promedio de $-0.766 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-30.270 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, la máxima tasa de asimilación se dio a las 10:40 hrs con un valor de $-1.735 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A partir de las 20:20 hrs la superficie empieza a liberar bióxido de carbono a la atmosfera. No hay mucha diferencia en la asimilación de CO₂ con respecto al día 117, pero es claro que el flujo fue menor en el día 120, quizás es similar porque el follaje seguía en desarrollo.

Para el día 150 (84 días después de transplante), el cultivo ya había desarrollado mayor área foliar y la tasa de asimilación de CO₂ se incremento (Figura 6), para el segmento de tiempo de las 08:40 a las 19:40 hrs, la actividad fotosintética registro una tasa promedio de asimilación de $-2.439 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-97.919 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$. La máxima tasa de asimilación se presento a las 13:00 con un valor de $-4.340 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A partir de las 20:00 hrs la superficie empieza a liberar bióxido de carbono a la atmosfera. Respecto al balance de flujo de CO₂, en ambos días (120 y 150) es mayor la asimilación, ya que se registraron pocas horas de liberación de CO₂, aunque el flujo integrado de bióxido de carbono del día 150 es significativamente mayor que el día 120, en una relación de 3:1 aproximadamente.

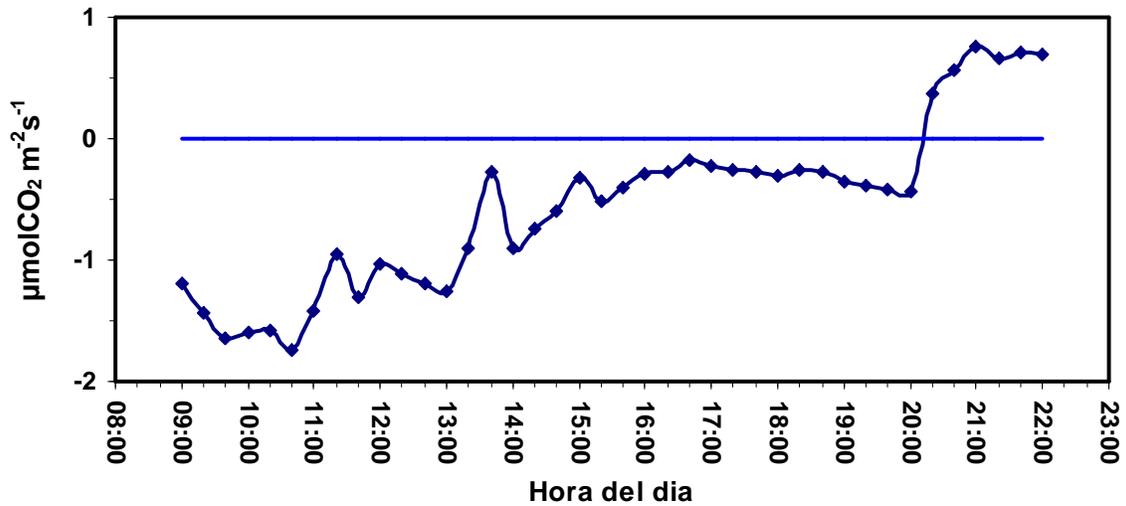


Figura 5. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 120 del año (54 días después de transplante).

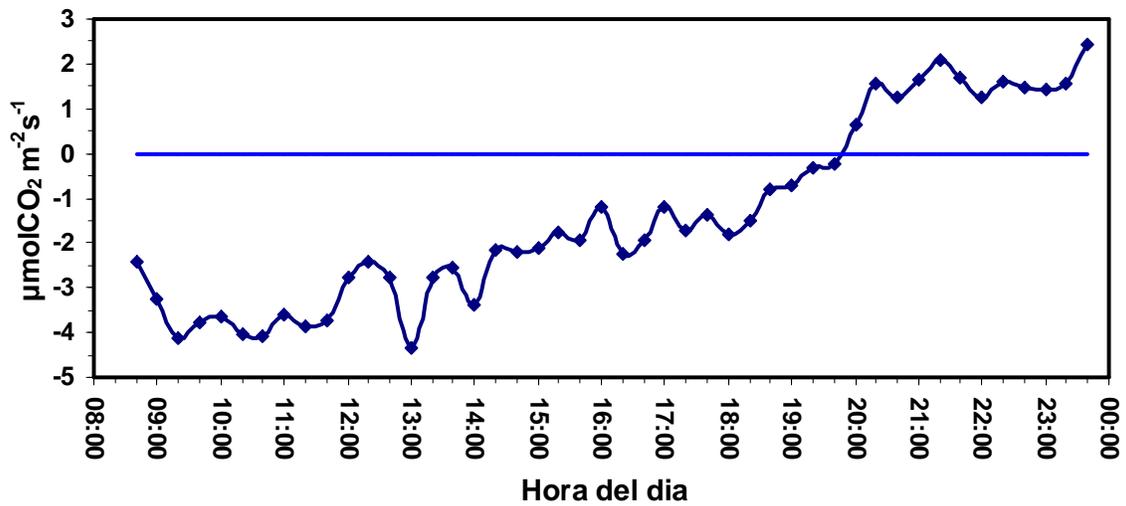


Figura 6. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 150 del año (84 días después de transplante).

Para el día 154 del año (88 días después de transplante), la superficie asimiló bióxido de carbono de las 07:40 a las 20:00 hrs, con una tasa promedio de $-2.708 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-105.903 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, en donde la máxima asimilación se presentó a las 08:40 hrs con un valor de $-5.070 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, a partir de las 20:20 horas la superficie empieza a liberar CO_2 a la atmosfera. De acuerdo al balance del flujo de CO_2 de este día, se observó claramente que la asimilación fue mayor que la liberación en una relación aproximada de 8:1, lo que significa que el cultivo esta aprovechando mejor el bióxido de carbono asimilado, en otras palabras, la fotosíntesis es mayor que la respiración; aunque se registraron pocos datos de liberación de CO_2 (Figura 7). Similarmente, el día 159 del año (93 días después de transplante), la superficie estuvo asimilando CO_2 de las 07:40 a las 20:00 hrs, en donde se observó una tasa de asimilación promedio de $-2.654 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-119.556 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, así mismo, la máxima asimilación se registro a las 10:40 hrs con un valor de $-5.154 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. El balance de energía nos indicó que la asimilación de CO_2 fue mayor que la liberación, en una proporción aproximada de 7:1, esto significa que la respiración se incremento, ya que la actividad fotosintética es parecida a la del día 154 (Figura 8).



Figura 7. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 154 del año (88 días después de transplante).

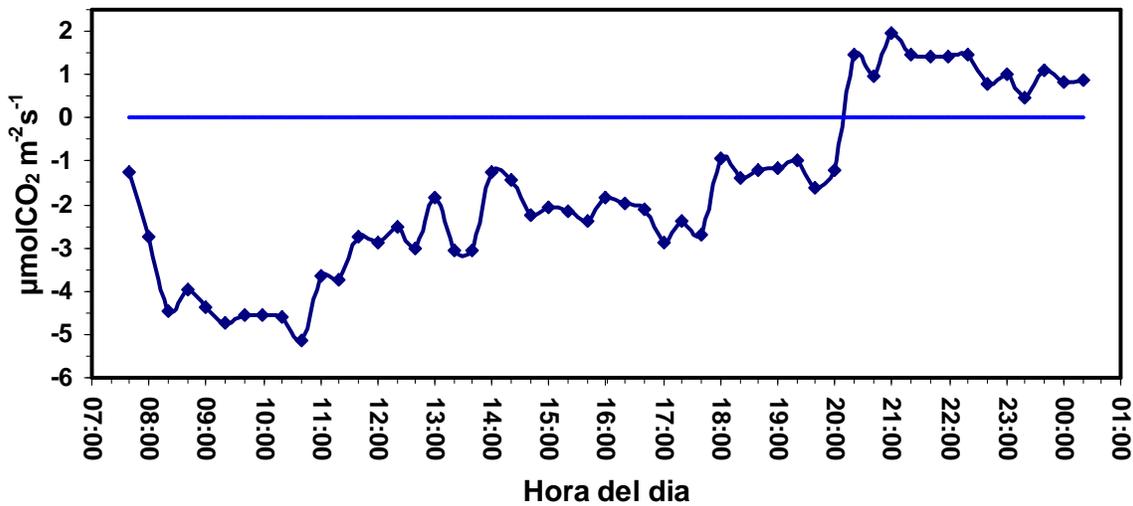


Figura 8. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 159 del año (93 días después de transplante).

En la Figura 9, día 161 del año (95 días después de transplante), se observa que la superficie estuvo asimilando bióxido de carbono de las 08:00 a las 19:40 hrs, donde se registro una tasa de asimilación promedio de $3.957 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-168.227 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, la máxima tasa de asimilación ocurrió a las 11:00 hrs con un valor de $-6.147 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A partir de las 20:00 la superficie empieza a liberar CO_2 a la atmosfera, pero el dato no es muy significativo, ya que solo se registro actividad durante dos horas, por eso el balance del flujo da como resultado que la asimilación es bastante mayor, con una relación de 24:1, que pudo haber reducido considerablemente si se hubiera registrado mas horas de liberación de CO_2 , sin embargo, es notable que la actividad fotosintética aumento, ya que tanto el promedio de asimilación, como el flujo integrado, son mayores que los días 154 y 159.

Para el día 169 del año (Figura 10), el cultivo ya tenia 103 días después de transplante, se observó que la superficie estuvo asimilando bióxido de carbono de las 07:40 a las 19:40, con una tasa asimilación promedio de $-3.353 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y un flujo integrado total de $-148.145 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, donde la máxima asimilación se registro a las 12:40 hrs con un valor de $-5.676 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A partir de las 20:00 hrs la superficie empieza liberar CO_2 a al atmósfera. De acuerdo al balance de flujo de CO_2 , es mayor la asimilación de bióxido de carbono que la liberación, con una relación de 5:1, esta relación es mas representativa que la anterior (día 161 del año), ya que se registraron mas horas de liberación de CO_2 .

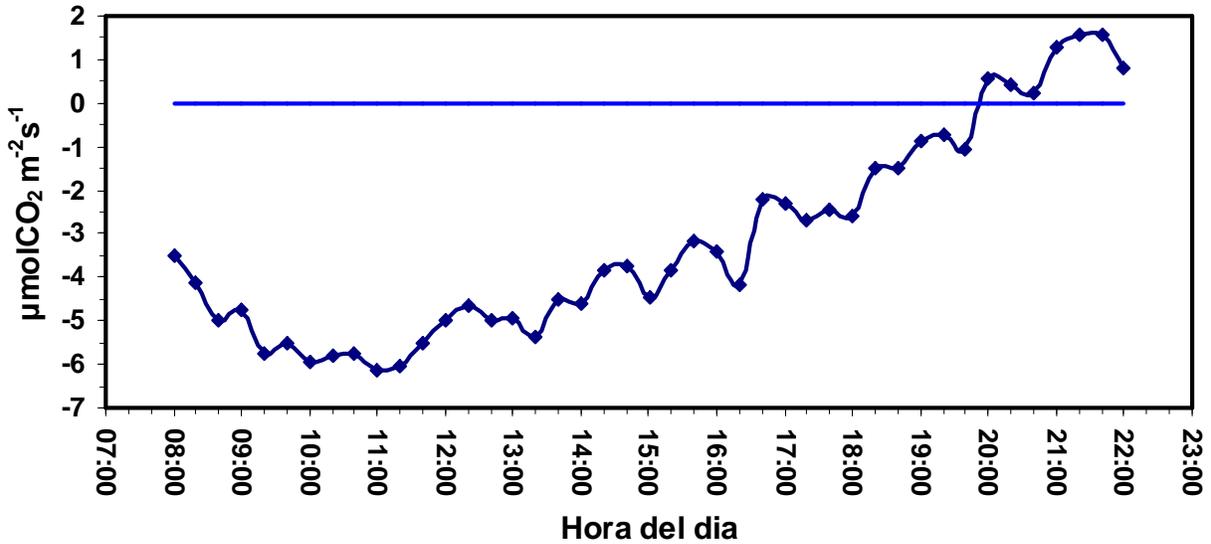


Figura 9. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 161 del año (95 días después de transplante).

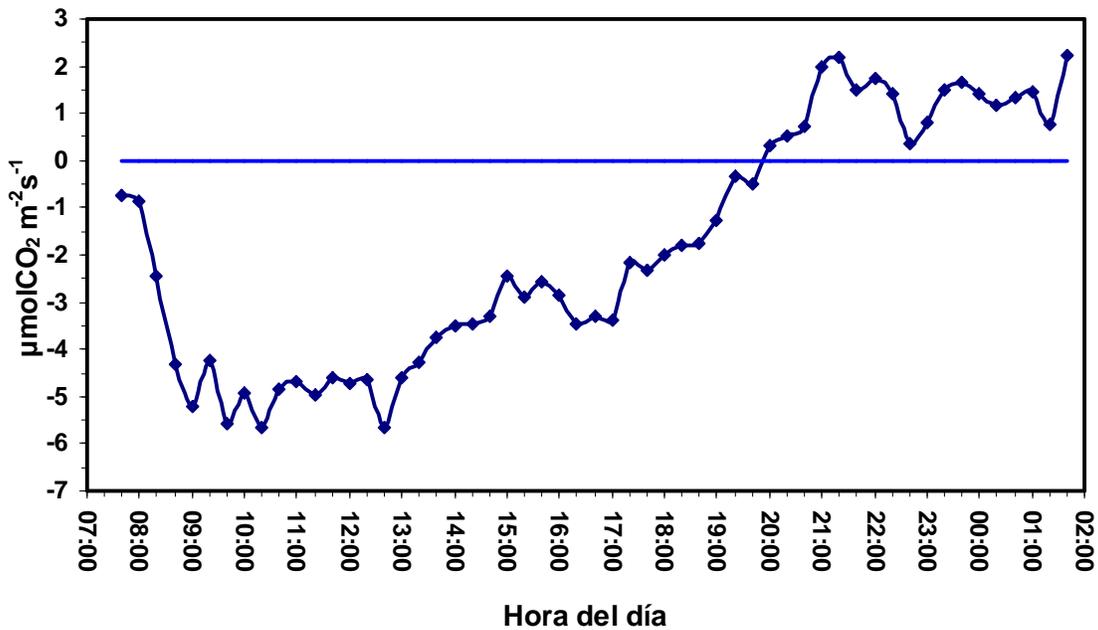


Figura 10. Flujo de bióxido de carbono (valores negativos representan asimilación y positivos liberación) observados el día 161 del año (95 días después de transplante).

4.2 Radiación neta, flujo de calor latente y flujo de bióxido de carbono entre la superficie y la atmosfera.

En el Cuadro 1 podemos observar que la máxima tasa de asimilación de flujo de bióxido de carbono ocurrió a los 95 días después de transplante, con un valor de $-168.227 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, a los 46 días después de transplante se observó el valor más bajo con $-6.629 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, así mismo, este día fue el menos eficiente, ya que para fijar una mol de CO_2 , requirió 95.429 litros de agua y 1161 MJ de radiación neta, por el contrario, el día más eficiente fue el 153 del año (87 días después de transplante), donde la fijación de una mol de CO_2 demandó 10.335 litros de agua y 76.616 MJ de radiación neta. En general, los días más eficientes se presentaron a partir del día 151 del año (85 días después de transplante), los días menos eficientes se presentaron durante los primeros días registrados.

La relación entre lamina evapotranspirada y flujo de bióxido de carbono (litros de agua por mol de CO_2 fijada) tiene una relación directa con la radiación neta entre flujo de CO_2 (Mega Joul por mol de CO_2 fijada), ya que si la cantidad de MJ aumenta, también aumenta el consumo de agua y viceversa, mas sin embargo, no se relacionan con la cantidad de bióxido de carbono asimilado, ya que esta varía independientemente del consumo de agua y MJ. Esto lo podemos observar claramente en las Figuras 11, 12 y 13. Para el día 148 del año (82 días después de transplante), el consumo de agua se incrementa, esto se debe a que el día anterior se registro una lluvia de 7.366 mm ocurrida entre las 20:00 y 21:00 horas, debido a este meteoro, la evaporación de la superficie fue mayor que la transpiración, esto se vio reflejado en los 56.079 litros de agua por mol de CO_2 fijada que se registró, en comparación con los vecinos que registraron 13.198 y 31.819 respectivamente.

Para comprender mejor el comportamiento de la asimilación de CO_2 , se integraron los flujos de bióxido de carbono de las 09:00 a las 15:00 de diferentes días después de transplante, donde se observa que la mayor tasa de asimilación

se presento el día 161 del año (95 días después de transplante) con un valor de $-111.206 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, (Figura 14). También se observa que a medida que el cultivo desarrolló mayor área foliar, aumentó la tasa de asimilación de CO_2 . La media móvil nos indica la tendencia del flujo de bióxido de carbono a lo largo del ciclo del cultivo.

Cuadro 1. Flujos integrados de bióxido de carbono (FCO_2), radiación neta (Rn), flujo de calor latente (LE) y lamina evapotranspirada (Lam ET); y la relación entre lamina evapotranspirada y Flujo de bióxido de carbono, y radiación neta con flujo de CO_2 , observados a través del ciclo de desarrollo del cultivo en diferentes intervalos de la hora del día.

Día del año	Días después de transplante	Hora del día	Int_FCO2 mmol CO_2/m^2	Int_Rn MJ/m ²	Int_LE MJ/m ²	Lam ET (mm)	LamET/FCO2 L_H ₂ O/mol CO_2	Rn/FCO2 MJ/mol CO_2
112	46	10:40 - 16:20	-6.629	7.697	1.544	0.633	-95.429	-1161.019
116	50	09:00 - 19:20	-27.967	12.939	3.049	1.250	-44.679	-462.659
117	51	08:40 - 19:20	-35.282	10.899	2.909	1.192	-33.794	-308.915
120	54	09:00 - 20:00	-30.270	14.344	3.682	1.509	-49.855	-473.861
121	55	09:00 - 16:20	-24.226	11.230	2.471	1.013	-41.801	-463.551
122	56	08:20 - 17:00	-36.687	13.170	3.054	1.252	-34.117	-358.987
123	57	08:40 - 15:20	-43.256	9.622	2.096	0.859	-19.856	-222.439
146	80	14:00 - 19:40	-30.442	6.261	2.001	0.820	-26.937	-205.668
147	81	08:00 - 16:20	-95.318	10.678	3.070	1.258	-13.198	-112.024
148	82	09:20 - 19:40	-54.046	16.025	7.395	3.031	-56.079	-296.504
149	83	09:00 - 20:00	-72.306	16.052	5.614	2.301	-31.819	-222.001
150	84	08:40 - 19:40	-97.919	15.744	4.912	2.013	-20.559	-160.789
151	85	08:00 - 20:00	-101.092	13.512	3.902	1.599	-15.820	-133.666
152	86	09:00 - 18:20	-89.118	10.640	2.959	1.213	-13.609	-119.392
153	87	08:40 - 20:00	-113.266	8.678	2.856	1.171	-10.335	-76.616
154	88	08:00 - 18:40	-105.903	13.471	3.572	1.464	-13.823	-127.204
155	89	08:40 - 18:20	-104.900	13.793	3.778	1.548	-14.761	-131.486
156	90	08:00 - 18:20	-109.035	14.637	4.261	1.746	-16.017	-134.239
157	91	08:00 - 19:20	-113.249	15.748	4.618	1.893	-16.713	-139.056
158	92	08:20 - 20:00	-109.999	15.753	4.857	1.990	-18.095	-143.213
159	93	07:40 - 20:00	-119.556	15.960	4.646	1.904	-15.928	-133.491
160	94	07:20 - 20:00	-159.778	16.363	5.088	2.085	-13.051	-102.411
161	95	08:00 - 19:40	-168.227	15.834	5.170	2.119	-12.596	-94.122
162	96	07:20 - 19:40	-152.168	16.354	5.690	2.332	-15.325	-107.471
163	97	09:00 - 20:00	-127.559	15.660	5.160	2.115	-16.579	-122.764
164	98	07:40 - 17:40	-140.079	15.439	4.577	1.876	-13.392	-110.215
165	99	08:20 - 20:00	-125.750	15.672	5.252	2.152	-17.116	-124.631
166	100	08:00 - 20:00	-130.144	16.214	5.685	2.330	-17.903	-124.584
167	101	08:00 - 19:40	-154.631	16.223	5.624	2.305	-14.905	-104.913
168	102	08:00 - 20:00	-141.748	15.904	5.697	2.335	-16.473	-112.199
169	103	07:40 - 19:40	-148.145	15.148	4.785	1.961	-13.237	-102.248
170	104	07:40 - 15:40	-117.679	12.106	3.506	1.437	-12.210	-102.871

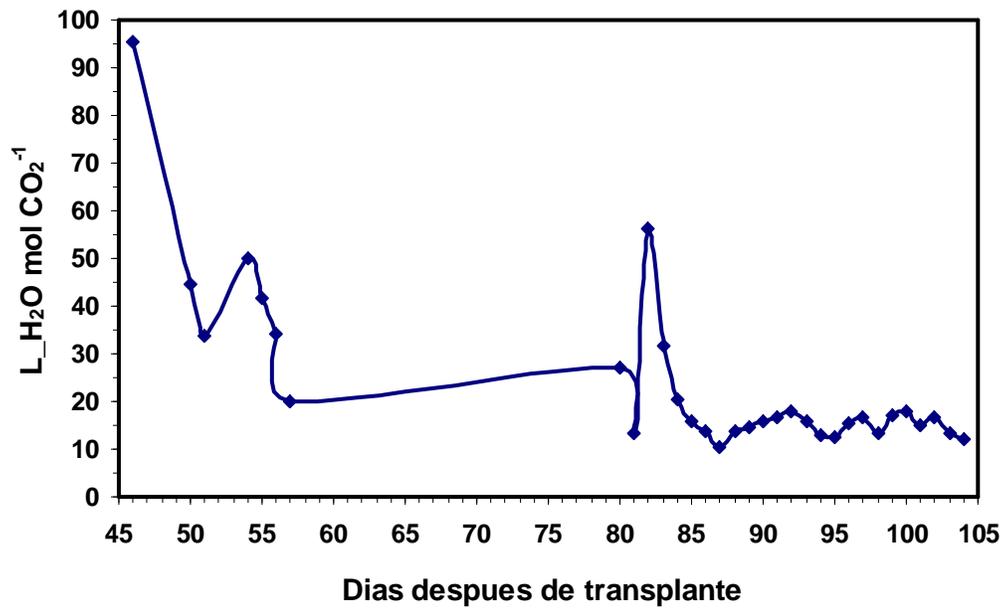


Figura 11. Relación entre lamina evapotranspirada y flujo de bióxido de carbono observado a diferentes días después de transplante.

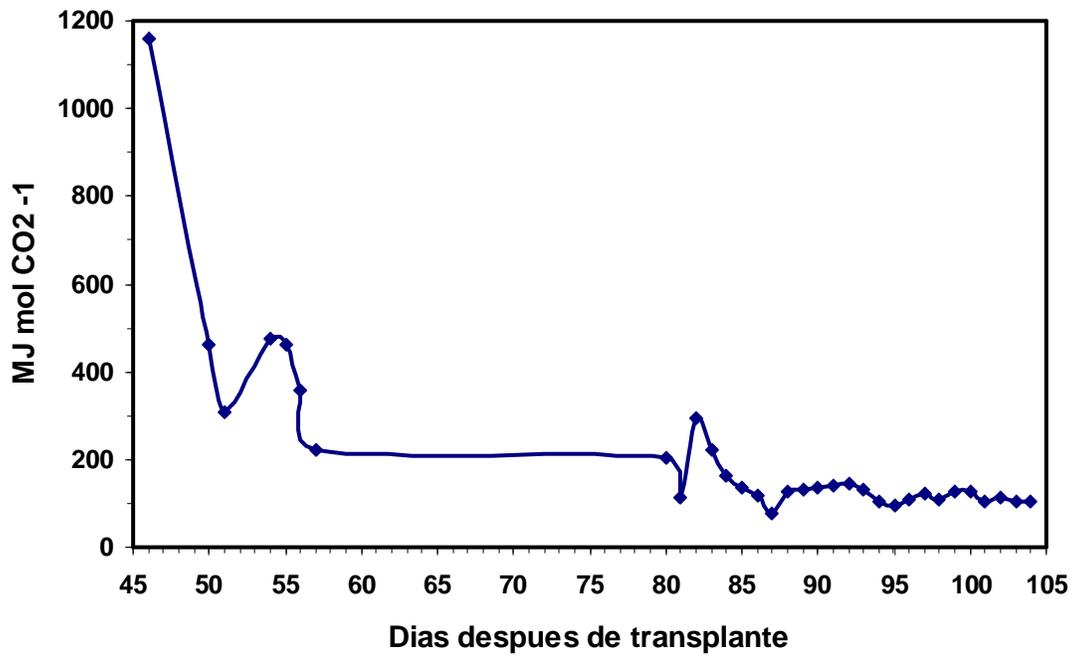


Figura 12. Relación entre radiación neta y flujo de bióxido de carbono observado a diferentes días después de transplante.

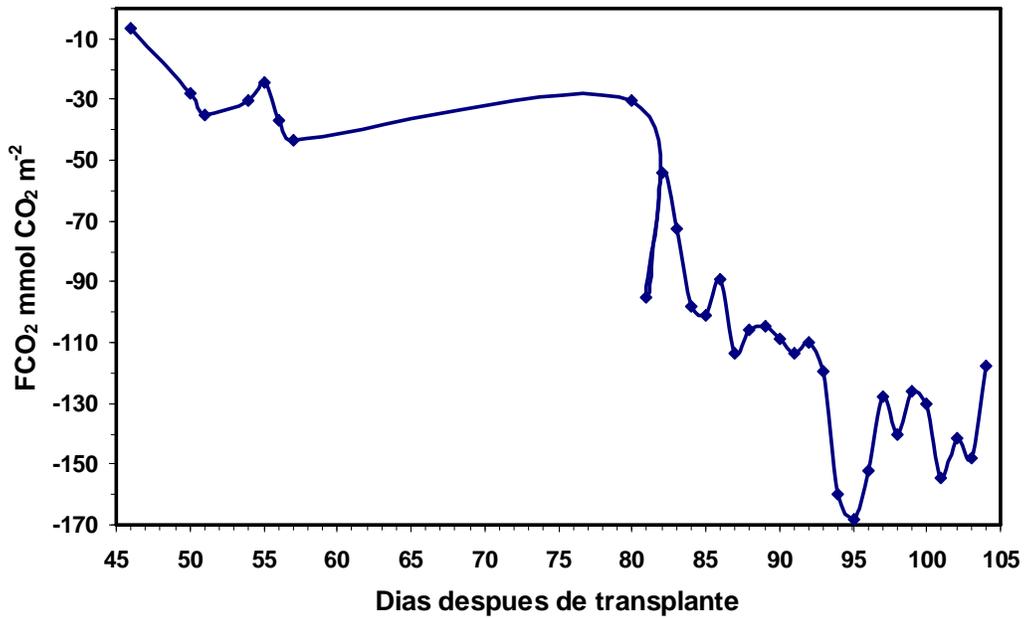


Figura 13. Valores integrados de flujo de bióxido de carbono observados a diferentes días después de trasplante.

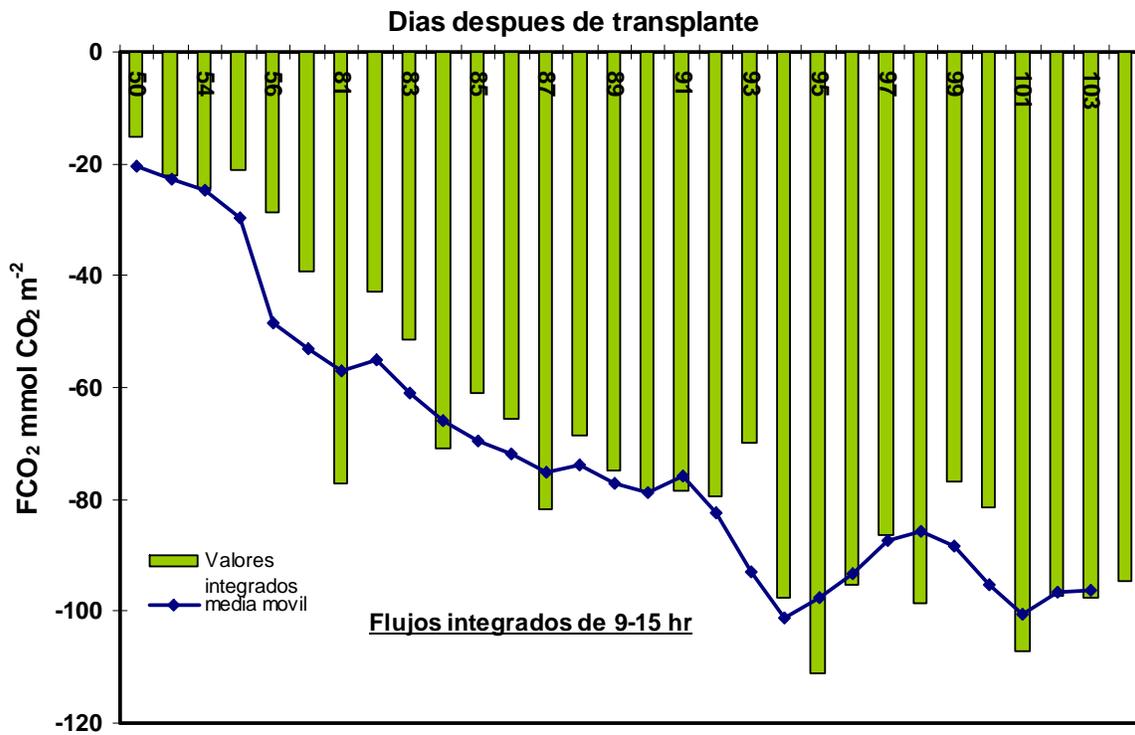


Figura 14. Valores integrados de flujo de bióxido de carbono de las 09:00 a 15:00 horas a diferentes días después de trasplante.

CONCLUSIONES

Las máximas tasas de asimilación de bióxido de carbono se presentaron durante las primeras horas del día (10 a 13 hrs), debido a que la fotosíntesis es mayor, después de las 16:00 hrs esta disminuye. Al no haber radiación incidente sobre la planta, la respiración es mayor que la actividad fotosintética, por eso la planta actúa como fuente liberadora de CO₂ a la atmósfera, esto ocurre a partir de las 19 ó 20 horas.

En los primeros dos meses de desarrollo, el chile morrón tiene una eficiencia muy baja en el uso de agua y energía, ya que para fijar una mol de CO₂ consume mas agua y MJ de radiación neta, a medida que se desarrolló, la eficiencia aumentó debido a una mayor actividad fotosintética por el incremento de área foliar, esto le permite fijar y aprovechar mayor cantidad de bióxido de carbono.

Existe relación entre la cantidad de agua y energía consumida por mol de CO₂ fijada, ya que si la cantidad de energía aumenta, también aumenta el consumo de agua. Sin embargo, la cantidad de agua y energía consumida no se relacionan con la asimilación de bióxido de carbono, ya que esta varía independientemente del agua y energía consumida.

RESUMEN

La presente investigación se llevo a cabo para evaluar el efecto del acolchado plástico plateado en la asimilación de bióxido de carbono por el chile morrón y su relación con la etapa de desarrollo y flujos superficiales de calor y vapor de agua.

Los flujos de calor sensible, latente y bióxido de carbono 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 a un intervalo de tiempo de 20 minutos, considerando una dirección del viento mayor que 300° y menor que 70° , y vientos con una velocidad de fricción mayor a 0.20 m/s.

La mayor cantidad de asimilación de bióxido de carbono se presento durante las primeras horas del día, a partir de las 19 ó 20 hrs la superficie actúa como fuente liberadora de CO_2 en la mayoría de los días observados.

Los valores integrados de flujo de CO_2 muestran claramente las diferencias entre las cantidades de bióxido de carbono asimilado en las diferentes etapas del cultivo, se puede observar claramente que la eficiencia en el uso del agua y energía aumentan conforme se va desarrollando el mismo, debido a la mayor cantidad de CO_2 asimilado por el aumento de la actividad fotosintética, en consecuencia el total de CO_2 liberado será menor en comparación con lo asimilado.

No se encontró ninguna relación entre los valores integrados de flujo de CO_2 y los integrados de radiación neta y lamina evapotranspirada

LITERATURA CITADA

- Agroguías. 1998. Cultivo de melón con cobertura plástica de suelos.
<http://www.Agroguías.com>.
- Amador, R. M. D., Bravo L. A. G., Mojarro D. F., Alvarado N. M. D. 2004. Segunda convención mundial de Chile 2005. INIFAP, Campo experimental Zacatecas. Memorias. 354-358 p.
- Benavides, A., 2002. Control Microambiental, Control Metabólico y Morfogénesis.
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Runway/8787/plastfot.htm>
- Burgueño, H., 1997. La fertilización en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.3. Primera edición. Ed. Grupo formatos. México, D. F. 125-131
- Cano, A. M., F. 1994. El cultivo del Chile. Monografías. Pimiento. com. htm. Pp 68,15 p.
- Cepla, 2006. España. Plásticos en la agricultura. Aplicaciones del acolchado.
<http://www.cepla.com/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=2784&refcompra=>
- 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. 778-784 p.
- De la Rosa, C. 1999. Acolchado plástico y fertirrigación en 9 genotipos de Chile ancho para verdeo en Coahuila. Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. 76 p.
- Delgado, M. A., Lara H. A. 2001. Producción de Chile (*Capsicum annuum* L.) con cubrimiento plástico del suelo y frecuencia de riego por goteo. 5as jornadas de investigación, Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad de Agronomía. 15 p.
- Ediho, 1999. Propiedades de los films plásticos agrícolas y principales aplicaciones. http://www.ediho.es/horticom/tem_aut/plastic/laminas.html.
- Eshbaugh, W. H. 1975. Genetic and biochemical systematic studies of chili peppers (*Capsicum solanaceae*). Bulletin of the Torrey Botanical Club. 102 (6): 396-403.

- García, A., J. 1996. Manual de Acolchados: Segunda parte. Revista Productores de Hortalizas. Mayo/1996. México. 62-69 p.
- García, F. Y. C. 2007. Evaluación de la asimilación del dióxido de carbono por el chile morrón bajo acolchado plástico negro. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 34- 43 p.
- Gardner, F. P., R.B. Pearce, R.L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa. Estate University Press. Ames. 327 p.
- Guenko, G. 1983. Fundamentos de la Horticultura cubana. Editorial pueblo y educación. La Habana Cuba. 128-132 p.
- Hanada, C., A, T. 1991. The Effect of mulching and row cover on Vegetable Production. Exp. Stn. Uneno 200, Ayabe city, Kyoto, Japan. Infoagro 2003. 230 p.
- Henao, F. 2001. Acolchamiento de suelos con polietileno.
<http://www.agroterra.com/profesionales/articulos.asp?IdArticulo=180>
- Hort.uconn. 2002. The use of different colored mulches for yield and earliness.
<http://www.hort.uconn.edu/imp/veg/htms/colmlch.htm>
- Ibarra, J. L. 1985. Plantas solanáceas cultivadas con agroplásticos. Saltillo, Coahuila, México. 13 p.
- Ibarra, J. L. ,1997. Acolchado de suelos. Curso nacional de plásticos en la agricultura. UAAAN. (CIQA). Vol (3-7).
- Ibarra, J., L y A. Rodríguez P. 1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa, México. 257 p.
- Infoagro, 2003. El cultivo de pimiento. <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.asp>
- Itesm, 2002. Generalidades de acolchado.
<http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/DaacolchadoGeneralidades.html>
- Janick, J. 1965. Horticultura científica e industrial. Editorial Acriba, Zaragoza. España. 564 p.
- Kanemasu, E.T., M. L. Weslwy., B.B. Hicks, and J.L. Heilman. 1992. 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. 162.p.

Lamont, W. J., Jr. 1993. Plastic mulches for production of vegetable crops. Hort Technology 3:35 – 39

López, Riaño y López F. Características fotosintéticas de cinco especies forestales. Simposio internacional –medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales-.Valdivia, Chile. Octubre del 2001. 8 p.

Martínez, S., A. 1999. Evaluación de dos cultivares de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) bajo sistema de acolchado de suelo y riego por goteo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 85 p.

Martínez, M. Las plantas medicinales en México. Editorial botas. México. 1994.184p.

Mendoza, M. S. F., Villa C. M. M., Inzunza I. M. A., Catalán V. E. A. 2004. Crecimiento y rendimiento de chile jalapeño acolchado con plástico y regado con cintilla. INIFAP, CENID, RASPA. Primera convención mundial de chile 2004. Memorias. 191-197 p.

Nuez, F., R. Gil y J. Costa, 1996. El cultivo del pimiento, Chiles y Ajies. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona; España. 230 p.

Orzolek, M. D. and L. Otjen. 1996. Is there a difference in red mulch? Proc. 26 Natl. Agr. Plastic Congr. 26:164-171.

Orzolek, M. D. and I. Otjen, 2003. Is there a difference in red mulch?. Journal Article-Colored Mulch Trial. Center For Plasticulture. The Pennsylvania State University. <http://plasticulture.cas.psu.edu/RedMulch.htm>.

Papaseit, P., J. Badiola y E. Armengol. 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura, S. L. España. 227 p.

Pickersgill, B. 1969. The domestication of chili peppers. En: P. J. Ucko y G. W. Dimbley (eds.). The domestication and exploration of plants and animals. Duckworth. London. UK. pp. 443-450.

Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de Chile SARH –INIA. León, Gto, México. 5-18 p.

- Quezada, Martin, M.R. 2002. Effect of photoselective mulches in some physiological aspects and yield of bell pepper crop. Saltillo, Coahuila, México.
- Robledo, P. F. y L. U. Martín 1988. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Acolchados de suelos con filmes de plásticos 2ª ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 153 p.
- Rodríguez, G., J. G. 1994. Evaluación de películas fotodegradables para acolchado y su influencia en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill.) cv Flora- Date. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 88 p.
- SARH. 1994. Guía para cultivar chile ancho en el norte de Guanajuato, México. 90 p.
- State, P., 1995. Revista Productores de Hortalizas. Sep. Pág.30-33
- Serrano, C. Z. 1990. Técnicas de invernadero. PAO. Suministros grafico, S. A. Sevilla, España. 190 p.
- Tijerina, L. 1999. México. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigacion. Terra. 17: 237 - 245 p.
- Toshio, H. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. Agr. Exp. Stn. Japón. <http://www.agnet.org/library/article/eb332.html>.
- T.P. Agro S.A. 1995. Colombia. Tecnología para la productividad agrícola. Acolchamiento de suelos. <http://www.tpagro.com/textos/acolchamiento.htm>
- 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