

RELACION ENTRE LOS CAMBIOS EN LOS
COMPONENTES DEL BALANCE DE ENERGIA Y LA
RESISTENCIA ESTOMATICA EN MELON POR
EFECTO DEL ACOLCHADO PLASTICO

JOSE AGUSTIN TORRES BALMACEDA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

RELACIÓN ENTRE LOS CAMBIOS EN LOS COMPONENTES DEL
BALANCE DE ENERGIA Y LA RESISTENCIA ESTOMATICA EN
MELON POR EFECTO DEL ACOLCHADO PLASTICO.

TESIS

POR

JOSE AGUSTIN TORRES BALMACEDA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado de

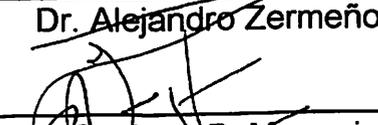
MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE

COMITE PARTICULAR

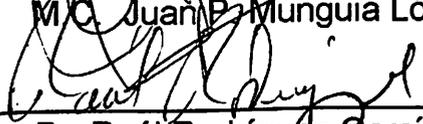
Asesor Principal:

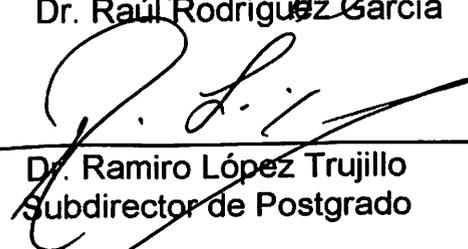

Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor:


M.C. Juan P. Munguía López

Asesor:


Dr. Raúl Rodríguez García


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buena Vista, Saltillo, Coahuila, Junio de 1999.

AGRADECIMIENTOS

Mi Agradecimiento a las siguientes Instituciones y Personas:

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) por darme esta oportunidad de superación.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por acogerme en sus aulas y contribuir a aumentar mis conocimientos agronómicos y de ingeniería.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por su apoyo dado para la realización de este trabajo de investigación.

Mis agradecimientos a mis asesores de Tesis, Dr. Alejandro Zermeño González, M.C. Juan P. Munguia López y al Dr. Raúl Rodríguez García, quienes con sus aportes me ayudaron constantemente en la Programación, Ejecución y Revisión del presente trabajo.

Al M.C. Ricardo Amador, Director del Centro Experimental del Valle de Sébaco, Nicaragua, por su motivación para emprender estos estudios de maestría.

Al M.C. Gregorio Briones, al Dr. Luis Felipe Ortega y catedráticos quienes influyeron en mi formación profesional con sus conocimientos y consejos.

A todo el Personal del Departamento de Riego y Drenaje, que siempre me apoyaron en mis gestiones y estudios.

A mis compañeros de estudios y amigos que siempre me apoyaron desinteresadamente.

A DIOS y la Virgen Santísima, a QUIENES doy gracias por haberme dado la vida, salud y fuerzas para emprender y concluir estos estudios y así fortalecer mi carrera profesional.

DEDICATORIAS

Con admiración, profundo respeto y amor a mi madre:

Agustina Balmaceda Torres

Quien siempre me ha apoyado en todas las actividades que he emprendido y me ha transmitido los valores necesarios para mi formación personal, familiar y profesional. Siempre ha sido un ejemplo para mí.

A mi esposa Daysi Rojas Mendoza por su apoyo, comprensión y ánimo brindado en todo momento durante la realización de mis estudios.

A mis hijos Joel Agustín y Daysi Escarleth, los que son mi orgullo y motivo de superación profesional.

A mis hermanos, que siempre me han apoyado y juntos hemos mantenido la unidad familiar: Julio, María y Roberto.

A todos mis familiares y familia de mi esposa que me han apoyado en esta parte de mi vida profesional.

A todos ellos mi profundo respeto y agradecimiento, y a Dios por que les ha dado cariño, voluntad y solidaridad para que me apoyaran siempre en mis estudios de maestría.

COMPENDIO

RELACIÓN ENTRE LOS CAMBIOS EN LOS COMPONENTES DEL
BALANCE DE ENERGÍA Y LA RESISTENCIA ESTOMÁTICA EN
MELÓN POR EFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO.

POR

JOSE AGUSTIN TORRES BALMACEDA

MAESTRIA

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENA VISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO DE 1999.

Dr. Alejandro Zermeño González - Asesor.

Palabras claves: *Cucumis melo* L., melón, acolchado, resistencia estomática, porómetro, temperaturas, termómetro, infrarrojo, balance, energía, estaciones, eddy, radiación, flujos, calor, evapotranspiración.

El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre los cambios en los componentes del balance de energía y la resistencia estomática del cultivo de melón bajo condiciones de acolchado plástico. El trabajo se realizó en la

región de Paila, municipio de Parras, Coahuila, localizada a 140 km. al oeste de Saltillo. El trabajo se estableció en una tabla de 200 m de ancho por 500 m de longitud (10 has). La siembra se realizó el 7 de Abril de 1998 utilizando el híbrido F1, con una densidad de población de 27200 plantas/ha. Toda la superficie se regó con riego por cinta. De esta manera, una sección de aproximadamente 100 x 100 m. no se acolchó, el resto de la superficie se acolchó con plástico negro de 37.5 micras.

Para medir los componentes del balance de energía (radiación neta, R_n ; flujo de calor latente, LE; flujo de calor sensible, H y flujo de calor en la superficie del suelo, G), una estación eddy se instaló en la sección con acolchado y otra en la sección sin acolchar. Cada una de estas estaciones estuvo equipada con un higrómetro de kriptón, un anemómetro sónico y un termopar de alambre fino. Además de un radiómetro neto y de dos platos de flujo de calor en el suelo y dos termopares de 4 terminales en paralelo. En la estación localizada en la sección con acolchado también se realizaron mediciones de velocidad y dirección del viento. Ambas estaciones operaron a una frecuencia de 5 hz para realizar mediciones de velocidad vertical del viento, densidad del vapor de agua y temperatura del aire, para obtener promedios de 20 minutos de H y LE. G y R_n se midieron a una frecuencia de 1 segundo, para también obtener promedios de 20 minutos.

La resistencia estomática se midió con dos porómetros de difusión a intervalos de 8 días en 2 hojas/planta en 4 plantas de cada sección (con y sin acolchado). Estas mediciones siempre se realizaron de las 13:00 - 14:00 hrs. En estos mismos intervalos de tiempo, también se realizaron mediciones de la temperatura del dosel del cultivo en las dos secciones utilizando un termómetro infrarrojo. El crecimiento y desarrollo del cultivo se evaluó realizando mediciones periódicas de longitud de guías, desarrollo y crecimiento de frutos.

Los resultados del trabajo indican que los valores de resistencia estomática son mayores en la sección con acolchado plástico que aquellos que se observan en la sección sin acolchado, lo cual estuvo relacionado con una mayor temperatura del dosel en la sección con acolchado. La radiación neta, el flujo de calor sensible y flujo de calor latente también fueron mayores en la sección con acolchado. Parece ser que el flujo de calor latente (LE) es mayor en la sección con acolchado a pesar de que se observan valores mayores de resistencia estomática en esta sección, debido a que la densidad de plantas y el desarrollo de las mismas fue mayor en la sección con acolchado. También se observó que el acolchado plástico induce una precocidad apreciable del cultivo.

ABSTRACT

Relationship between the changes in the energy balance components and the muskmelon stomatal resistance under plastic mulch conditions.

By:

JOSE AGUSTIN BALMACEDA TORRES

MASTER OF SCIENCE

IRRIGATION and DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENA VISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNE, 1999.

Dr. Alejandro Zermeño González - Adviser.

Key words: Cucumis melo L., muskmelon, mulch, stomatal resistance, porometer, temperatures, infrared, thermometer, energy, balance, eddy, correlations, radiation, flows, heat, evapotranspiration.

The objective of this study was to analyze the relationship between the changes in the energy balance components and the muskmelon stomatal resistance under plastic mulch conditions. The field study was conducted in the Paila region, county of Parras, Coahuila, located at 140 km west of Saltillo. The experimental site consisted of a surface of 200 m wide by 500 m length (10 has). Seeding was established on April 7, 1998 using the hybrid Crusier F1

with a total population of 27200 plants/ha. All surface was irrigated with drip lines, the beds were cover with a plastic mulch of black polyethylene of 37.5 microns. A section of 100 m. by 100 m. did not have plastic mulch.

To measure de energy balance components (net radiation R_n , latent heat flux LE , sensible heat flux H and surface soil flux G) to eddy covariance stations were used. One was located in the plastic mulch section and the other in the section with no plastic mulch. Each station consisted of a fast response krypton hygrometer, a one dimensional sonic anemometer and a fine wire thermocouple. The stations also had a net radiometer, 2 soil heat flux plates and two soil thermocouples of 4 parallel ends. The station in the plastic mulch section also had measurements of wind speed and direction. The stations gave average 20-minutes values of R_n , LE , H and G .

The stomatal resistance was measured by using two diffusion porometer. The measurements were taken once every 8 days in 2 leaves/plants of 4 plants per section (with and without plastic mulch). These measurements were taken from 13:00 to 14:00 hrs. At the same time intervals and at the same day time, canopy temperature measurements at the two sections were taken with a hand held infra-red thermometer. The growth and development of the crop was evaluated by doing periodic measurements of shoots growth, production and fruits growth.

The results of this study showed that the values of stomatal resistance are higher in the plants of the plastic mulch section than the plants in the section with no plastic mulch. It was observed that the crop canopy temperature of the plastic mulch section was also higher than that observed in the crop canopy of the no plastic mulch section. Most of the measured values of R_n , H and LE were higher in the plastic mulch section. It seems that the higher values of latent heat flux (LE) in the plastic mulch section, in contrast to the lower values of stomatal conductance (higher stomatal resistance) are due to the fact that in the plastic mulch section there were more plants per unit of soil surface and the plants were bigger than those in the no plastic mulch section. It was also observed that the plastic mulch induced an early harvest.

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
INDICE DE CUADROS	xiv
INDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Origen y reseña histórica.....	4
Características botánicas y taxonómicas.....	5
Requerimientos climáticos y edáficos.....	7
Manejo del cultivo.....	8
Generalidades de los acolchados plásticos.....	11
Efecto de los acolchados plásticos sobre los cultivos.....	14
Humedad en el suelo.....	14
Temperatura.....	15
Fertilidad de los suelos.....	16
Calidad de los frutos.....	16
Temperatura aparente del dosel.....	18
Generalidades sobre los estomas.....	21
Difusión a través de los estomas.....	24
Intercambio gaseoso a través de los estomas.....	25
Estructura de los estomas.....	25
Movimiento estomático.....	26
Factores que afectan el movimiento estomático.....	26

Ubicación de los estomas.....	33
Evapotranspiración.....	34
Factores que condicionan la evapotranspiración.....	35
Componentes del balance de energía (B.E.).....	36
La radiación.....	37
Determinación de los componentes del B.E.....	41
Las estaciones Eddy para determinar el B. E.....	44
MATERIALES Y METODOS.....	48
Ubicación del área de estudio.....	48
Establecimiento del trabajo de campo.....	49
Mediciones porométricas.....	51
Medición de la temperatura aparente de la superficie.....	52
Mediciones del balance de energía.....	53
Mediciones agronómicas.....	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
Mediciones porométricas.....	56
Resistencia estomática.....	56
Transpiración.....	57
Temperatura de la hoja.....	60
Humedad relativa de la interfase.....	62
Radiación fotosintética activa (PAR).....	63
Temperatura del follaje.....	64
Componentes del B. E. y la relación con la resistencia estomática.....	65
Resultados agronómicos.....	70

CONCLUSIONES..... 75

RESUMEN..... 77

LITERATURA CITADA..... 80

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pagina
2.1. Temperaturas y humedades relativas óptimas para el cultivo de melón.....	7
2.2. Principales plagas del cultivo de melón.....	10
2.3. Principales enfermedades del cultivo de melón.....	11
4.1. Comportamiento de la humedad relativa en la interfase hoja-aire en el cultivo de melón con acolchado y no acolchado plástico.....	62
4.2. Comportamiento de la radiación fotosintética activa (PAR) en el cultivo de melón con acolchado y no acolchado plástico.....	63
4.3. Comportamiento de la temperatura aparente del follaje en el cultivo de melón con acolchado y no acolchado plástico.....	64
4.4. Comparación de los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en melón con acolchado y sin acolchado plástico.....	66
4.5. Comportamiento de las fases fenológicas del cultivo de melón con acolchado y sin acolchado plástico.....	71
4.6. Crecimiento longitudinal de guías principales en el cultivo melón con y sin acolchado plástico.....	72
4.7. Rendimiento total ton/ha de frutos de melón comercial por tratamiento acolchado y no acolchado.....	74

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pagina
3.1 Diseño de los tratamientos en campo.....	49
4.1 Comportamiento de la resistencia estomática en cultivo de melón con y sin acolchado plástico.....	56
4.2 Relación de la transpiración y la resistencia estomática en melón con acolchado plástico.....	59
4.3 Relación de la transpiración y la resistencia estomática en melón sin acolchado plástico.....	59
4.4 Relación de la temperatura de las hojas y la resistencia estomática en melón con acolchado plástico.....	61
4.5 Relación de la temperatura de las hojas y la resistencia estomática en melón sin acolchado plástico.....	61

INTRODUCCIÓN

El cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) ha adquirido mucha importancia en México y en otros países de América Latina y Europa en los últimos años, esto debido a su nivel de importancia económica y social. Las áreas sembradas se han ido incrementando, así como la demanda de mano de obra y la captación de divisas que el cultivo genera. En México los principales estados productores de melón son Michoacán, Sinaloa, Coahuila - Durango, Oaxaca, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Chiapas todos suman unas 24 mil hectáreas, los restantes estados siembran áreas mas pequeñas con unas 3 mil hectáreas (Valadez, 1994).

A nivel mundial, el cultivo de melón ha tenido un gran auge y ha pasado de ser una hortaliza de bajo consumo a otra de amplia aceptación tanto como producto fresco o procesado a nivel artesanal e industrialmente. Todo esto se complementa con el crecimiento de las áreas sembradas, como se dijo anteriormente y con el mejoramiento en general del cultivo tanto a nivel de manejo agronómico como de variedades cultivadas (Zapata *et al.*, 1989).

El melón es un cultivo que requiere para su óptimo desarrollo de temperaturas altas, baja humedad relativa, suficiente agua en los periodos de mayor crecimiento y durante la maduración de los frutos (García, 1994).

Estas necesidades quedan cubiertas con el uso de tecnologías más avanzadas como el acolchado y los sistemas de riego por goteo, los cuales proporcionan beneficios tales como: precocidad en las cosechas, incremento en los rendimientos, mayor calidad en la producción, ahorro del agua, control de malezas y otros beneficios (Zapata *et al.*, 1989).

El uso de los acolchados plásticos para la producción de hortalizas se ha incrementado significativamente en los últimos años. Esto debido a que investigaciones realizadas recientemente han mostrado que con el uso de los acolchados plásticos se reduce la evaporación de la superficie del suelo, la incidencia de malezas y se incrementa la temperatura del perfil superior del suelo. Como consecuencia de esto, se incrementa el desarrollo radicular, la precocidad del cultivo, mejorándose la cantidad y calidad de las cosechas (Bhella, 1988; Maiero *et al.*, 1987; Wien y Minotti, 1988). La mayoría de las investigaciones se han realizado en parcelas pequeñas y únicamente se ha medido el efecto del acolchado plástico en la temperatura del perfil superior del suelo.

Sin embargo, la presencia de los acolchados plásticos pueden tener efecto importante en la resistencia estomática y en los componentes del balance de energía, lo que a su vez tendría un efecto fisiológico que puede tener repercusiones en el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón. Además, son pocas las investigaciones que han analizado el efecto del acolchado plástico en la resistencia estomática y la relación entre los componentes del balance de energía, en superficies extensas de cultivos. Debido a esto se realizó el estudio de la relación entre el balance de energía y la resistencia estomática en melón con y sin acolchado plástico.

Objetivos

Para tales efectos se planteó el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Analizar el efecto del acolchado plástico en la resistencia estomática en base diaria y estacional y su relación con el desarrollo del cultivo.
- Analizar la repuesta de la resistencia estomática a los cambios en los componentes del Balance de Energía por efecto del acolchado plástico.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y Reseña Histórica

El melón (*Cucumis melo* L.) es originario de la India, donde existía a nivel silvestre, así como en el Beluchistan y la Guinea (África). Parece ser que los primeros testimonios del cultivo provienen de fuentes egipcias, unos 2400 años A.C. Según otros autores el melón es originario de el Sudan o los desiertos de Irán y posterior al inicio de la era cristiana, unos trescientos años después se encontraba muy extendido por Italia. Durante la Edad Media se siguió cultivando en España y desapareció del resto de regiones del Sur de Europa. Los Arabes que ocupaban España en esa época lo cultivaban utilizando camas de estiércol para adelantar el cultivo. Por estudios realizados se afirma que en el siglo XV se cultivaba en Islandia en 1494, en América Central en 1516 y en Estados Unidos hacia el año 1609. Fue en el siglo XVII que se desarrollaron las principales formas carnosas que hoy conocemos y de que la especie se extendió por todo el mundo. Otros autores mencionan como posibles centros de origen a las regiones meridionales asiáticas (Zapata *et al.*, 1989).

Características Botánicas y Taxonómicas

Según Valadez (1994) y García (1994) el melón esta dentro de la siguiente clasificación taxonómica; División: Tracheophita; Orden: Cucurbitales; Familia: Cucurbitáceae; Genero: Cucumis; Especie: melo.

Además mencionan que el melón es una planta herbácea, tendida, provista de zarcillos, con los cuales se adhiere ya sea a nivel rastrero o trepador. La raíz principal llega hasta un m de profundidad y las raíces secundarias son más largas que la principal, llegando a medir hasta 3.5 m y ramificándose abundantemente. Su región de exploración y absorción se encuentra entre los 40 y 45 cm de profundidad, según algunos autores el sistema de raíces del melón esta mas desarrollado que el del pepino y menos que el de la sandia.

De la misma manera afirman que en las primeras etapas de desarrollo (entre 15 y 30 días) el sistema de raíces del melón crece mas rápido que el de la sandia y el pepino. El tallo es trepador y esta cubierto de vellos blancos; mencionan que las ramificaciones o sea los tallos primarios y secundarios son mas cortas que las de la sandía (pueden llegar a medir 1.5 m).

Valadez (1994) y Rodríguez (1997) mencionan que el tallo empieza a ramificarse después de que se ha formado la 5a. ó 6a. hoja. Las hojas pueden

estar divididas en tres o cinco lóbulos y pudiendo mostrar diferentes formas: redondeadas, reniformes, acorazonadas, triangulares y pentagonales. Otros autores las caracterizan como de tamaño variable, ásperas y más redondeadas que las del pepino. La planta tiene distintas las flores masculinas (estaminíferas) y las flores femeninas (pistííferas); sin embargo hay plantas con flores femeninas y hermafroditas, y, hay plantas con flores masculinas y hermafroditas. En los dos últimos casos las primeras se encuentran sobre los brotes de la tercera vegetación y las segundas sobre los de la cuarta vegetación y casi siempre sobre la axila de la primer hoja, y las flores femeninas nacen solitarias; cuando hay flores hermafroditas también nacen solitarias. Las hojas son de borde entero y dentado, estando provistas al igual que los tallos de pelos abundantes, por lo que resultan ásperas al tacto. Las flores son de color amarillo, apareciendo posteriormente las flores machos.

El fruto preponde es generalmente esférico, mas o menos deprimido y alargado. Su corteza es de color blanco, gris o verde, según las variedades. La carne o pulpa es comúnmente blanca, verde o anaranjada. Tiene numerosas semillas agrupadas en el centro del fruto las cuales son oblongas, aplastadas, lisas y de color blanco amarillento.

Requerimientos Climáticos y Edáficos

El melón requiere calor para su desarrollo y una humedad no excesiva, pues de lo contrario su crecimiento no es normal, lo cual ocasiona que no maduren bien los frutos, disminuyendo la calidad en regiones húmedas y con poca insolación. La germinación de las semillas puede efectuarse en un suelo poco húmedo, pero es más conveniente que el contenido de humedad del suelo este próximo a la capacidad de campo, porque se presenta ésta en un tiempo mas corto por efecto de las temperaturas altas.

El desarrollo vegetativo de la planta queda detenido cuando la temperatura del aire es inferior a 13°C y helándose a 1°C (Zapata *et al.*, 1989 y García, 1994).

El cuadro 2.1. nos refleja las temperaturas y humedad relativas óptimas para el cultivo de melón:

Cuadro 2.1. Temperaturas y humedades relativas optimas para el cultivo del melón (Valadez, 1994).

Fase Desarrollo	T. Mínima	T. Máxima	H.R. Mínima	H.R. Máxima
Germinación	28 °C	32 °C	65 %	75 %
Desarrollo Veget.	20 °C	23 °C	60 %	70 %
Floración	20 °C	23 °C	60 %	70 %
Fructificación	25 °C	30 °C	55 %	65 %

La relación entre la temperatura del suelo y los días necesarios para la germinación de las semillas plantadas a 1.25 cm de profundidad es la siguiente (Valadez, 1994).

Temperatura	20 °C	25 °C	30 °C
Para germinación	8	4	3

El melón se adapta a cualquier tipo de suelo, prefiriendo los franco - arenosos con buen contenido de materia orgánica y drenaje. En cuanto al pH, está clasificado como una hortaliza ligeramente tolerante a la acidez, manifestando un rango de pH de 6.0 - 6.8. Cabe mencionar que con un pH muy ácido puede presentarse un disturbio fisiológico llamado "amarillamiento ácido". Por lo que se refiere a la salinidad, es una planta considerada como de mediana y baja tolerancia, con valores de 2.560 ppm (4 mmhos/cm). También recomienda aplicar el nitrógeno en dos partes: una aplicación a la siembra y la otra a los 40 días, aproximadamente (Valadez, 1994).

Manejo del Cultivo

García (1994), Rodríguez (1997) y Martínez (1997) mencionan dentro de las actividades del manejo agronómico del cultivo, las siguientes:

Preparación del terreno: Dentro de esta actividad se deben realizar labores de barbecho, rastreo, nivelación y formación de camas, posteriormente se coloca la cinta de riego sobre las camas. A continuación se procede a instalar el sistema de riego por goteo.

Acolchado de las camas: La colocación del acolchado plástico de PEN o transparente se realiza de forma manual. Las líneas de siembra se cubren completamente con el plástico de acuerdo con las medidas de las mismas, posteriormente se perfora el plástico utilizando un tubo de 2" de diámetro al espacio fijado entre las plantas.

Siembra: Generalmente se utilizan semillas de híbridos, la siembra se efectúa en forma directa y en seco; depositando de una a dos semillas por perforación. La densidad de población puede ser de 29,000 - 32,000 plantas/ha. Si hay fallas de germinación, se pueden hacer resiembras.

Riegos: Al aplicar los riegos por goteo estos se realizan con un intervalo de tres días durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, con duración de tres horas. Si se presentan lluvias no se aplica el riego; si hay suficiente humedad tampoco se aplican riegos, por lo que es conveniente hacer muestreos de contenido de humedad en el suelo, preferiblemente antes de suministrar los riegos.

Fertilización: El fertilizante se aplica durante los riegos, inyectando las soluciones nutritivas, generalmente se utilizan las fórmulas recomendadas para la región tales como el 100-80-100, utilizando el nitrato de amonio como fuente de nitrógeno, el fosfato monoamonico para el fósforo y el nitrato de potasio como fuente de potasio. Las dosis totales por hectárea que se pueden aplicar durante el ciclo son: 81.504 kg de N, 132.124 kg de P y 101.196 kg de K.

Deshierbes: Se realizan de forma manual únicamente cuando hay malezas en los agujeros donde se encuentran las plantas, y con azadón en los espacios entre las camas meloneras si hay necesidad.

Aplicación de agroquímicos: Estas se hacen periódicamente durante todo el ciclo del cultivo con el fin de prevenir y controlar las plagas y enfermedades. Las principales plagas y enfermedades así como el producto a utilizar, se describen en los cuadros 2.2 y 2.3.

Cuadro 2.2. Principales plagas del cultivo del melón (Valadez, 1994).

Plaga	Nombre Científico	Control	Dosis l/ha.
Mosquita blanca	<i>Bemisia tabaci</i> G.	Trigard	0.5
Pulga saltona	<i>Epitrix cucuneris</i> Har.	Paration	1.0
Chicharrita	<i>Empoasca spp.</i>	Folimat 1000	0.5
Minador de la hoja	<i>Liriomysa sativae</i>	Decis	0.5
Pulgón	<i>Aphis gossypae</i>	Phosdrin	0.3
Diabrotica	<i>Diabrotica spp.</i>	Dipel	0.3
Barrenador del fruto	<i>Diaphania nitidalis</i>	Tamarón 600	1.0
Falso Medidor	<i>Trichoplusia ni</i>	Lannate 90%	0.3

Cuadro 2.3. Principales enfermedades del cultivo del melón (Valadez, 1994).

Enfermedad	Nombre científico	Control	Dosis kg./ha
Cenicilla polvorienta	<i>Erysiphe cichoracearum</i> DC	Manzate 200, Zineb	1.5
Cenicilla vellosa	<i>Pseudoperonospora cubensis</i> Berk. Y Curt	Maneb, Dyrene 50	1.5, 2.5
Antracnosis	<i>Collectotrichum lagenarium</i>	cvs. Resistentes	
Mosaicos	VPM y VMS	cvs. Resistentes	
Mancha angular del Tabaco	VMAT	cvs. Resistentes	

Generalidades de los Acolchados Plásticos

La cobertura de suelos o acolchados, es una practica usada desde hace mucho tiempo por los productores. En un inicio se emplearon coberturas vegetales vivas y residuos vegetales como rastrojos de cosechas, paja, hojas, etc., esto con el fin de proteger el suelo de la acción de los agentes climáticos adversos (viento, lluvias), los cuales causan graves problemas de erosión en algunas zonas. Es común, además, la protección de los cultivos contra la acción de otros agentes climáticos que puedan poner en riesgo las explotaciones agropecuarias (granizo, heladas). En los últimos años, los acolchados plásticos como coberturas en los cultivos han permitido solventar inconvenientes que se presentan con algunas técnicas tradicionalmente practicadas (Rodríguez, 1997).

El uso extensivo del polietileno es debido a su fácil proceso, excelentes propiedades químicas, alta durabilidad, flexibilidad y libre de olores y toxicidad. Posteriormente con la utilización de los plásticos en la agricultura, el acolchado de los suelos volvió a cobrar auge debido a sus efectos positivos, mayores que los que se obtenían con la utilización de materiales orgánicos (Ibarra y Rodríguez, 1997 y Martínez, 1997).

La técnica del acolchado consiste en colocar una película plástica sobre el terreno a cultivar, cubriendo el terreno en forma parcial o total, esto forma una capa impermeable que ayuda a conservar mayor cantidad de agua, evitando así las pérdidas de agua por evaporación directa e incrementando la temperatura del suelo formando así un microclima. En el acolchado total, la parcela del cultivo queda totalmente cubierta. Este tipo de acolchado es muy común para el empleo de riego por debajo del plástico como el riego por goteo, riego con manguera perforada, cinta, etc. Mientras que en el acolchado parcial, sólo fracciones del terreno son acolchados.

En general, durante el día el plástico negro permite la absorción de energía en un 50 por ciento; un mismo valor de energía es reflejada, por lo que el calor en torno al follaje de la planta es considerable, redundando en un mejor desarrollo de la misma. Con este tipo de plástico el suelo se calienta menos que con el transparente, y aunque impide la condensación nocturna la pérdida de energía es innegable. Por la noche la opacidad relativa (cerca del 50 por

ciento) del plástico a la radiación terrestre podría ocasionar que la temperatura al nivel de las plantas pueda ser menor que en un suelo no acolchado durante los períodos críticos. La opacidad del plástico negro con respecto a algunos valores de radiaciones visibles impiden la fotosíntesis, lo que ocasiona que las malas hierbas no se desarrollen. La absorción de radiación por el plástico negro cuando esta expuesto al intenso brillo del sol presenta el inconveniente que el tejido de la planta pueda ser quemado al estar en contacto con el plástico (Ibarra y Rodríguez, 1997).

Las temperaturas superficiales de algunos acolchados alcanzaron los 64.3°C bajo un cielo claro y excedieron la temperatura del aire por 25°C aproximadamente en períodos críticos. La temperatura superficial de los acolchados frecuentemente difirieron por 20°C cerca del medio día. Un modelo de balance de energía en una hoja fue desarrollado para simular el efecto de las características espectrales y térmicas del acolchado sobre el ambiente de la hoja. Los resultados indicaron que las diferencias en las propiedades del acolchado pueden causar diferencias en las temperaturas de la hoja hasta por 2°C y variar el uso diario del agua en un 10 por ciento. Resultados preliminares sugieren que los acolchados con alta reflectancia de onda corta y emisividades térmicas mayores pueden incrementar el estrés de la hoja más que los acolchados con altas temperaturas superficiales (Ham et al., 1991).

Efectos de los Acolchados Plásticos sobre los Cultivos y el Suelo

En el caso del melón y otros cultivos, los efectos de los tipos de acolchados sobre las plantas y el entorno es muy variable y depende de una amplia gama de condiciones. Algunas de las ventajas que se obtienen con el uso de las cubiertas plásticas, según investigaciones realizadas son:

Humedad en el suelo:

Disminuye las pérdidas de agua por evaporación, mejorando de esta manera el balance hídrico. Los acolchados plásticos reducen la pérdida de agua por el alto grado de impermeabilidad al vapor de agua del suelo. Por otra parte el uso de riego por goteo en conjunto con el acolchado plástico reducen la pérdida de humedad de los suelos y decrecen los requerimientos de los riegos. Esta relación tiene ahorros de agua de un 45 por ciento comparado con los sistemas de aspersión (Hanlon y Hochmuth, 1989).

Zapata *et al.* (1989) menciona que la influencia del acolchado sobre el suelo es benéfica para el desarrollo de las raíces de las plantas hortícolas, ya que se hacen más numerosas y adquieren mayor longitud en sentido horizontal, como consecuencia de que la planta encuentra humedad suficiente a poca profundidad y su sistema radicular se desarrolla lateralmente sin tener que buscar el agua a mayores profundidades.

Temperatura del Suelo:

El acolchado plástico ejerce un efecto invernadero, en la superficie del suelo, elevando la temperatura.

La influencia del acolchado sobre las temperaturas del suelo se realiza por la transmisión al mismo de las calorías del sol recibidas por el plástico durante el día. El plástico detiene el paso de las radiaciones calóricas del suelo hacia la atmósfera en cierto grado lo que depende de las características del mismo (Zapata *et al.*, 1989).

Dubois (1978) señala que bajo plásticos de color negro, las temperaturas del suelo pueden ser más altas de 10 a 15°C que en un suelo desnudo, mientras que en algunos casos este puede ser ligeramente menor que en el suelo desnudo. Lamont (1993) conforme a un experimento realizado señala que las temperaturas del suelo bajo acolchado de plástico negro durante el día son generalmente de 2.8°C más altos a una profundidad de cinco cm y 1.7°C más altos a una profundidad de 10 cm comparado con el suelo desnudo, y las temperaturas del suelo durante el día bajo acolchado con plástico claro son generalmente de 4.4°C a 7.8°C más altas a una profundidad de cinco cm y de 3.3 a 5°C más altas a una profundidad de 10 cm comparado al suelo desnudo.

Fertilidad de los Suelos:

La elevación de la temperatura, sumada a un buen nivel hídrico, favorece al proceso de nitrificación y, por lo tanto la absorción de nitrógeno por la planta. Algo muy parecido ocurre con los otros nutrientes, que aceleran sus procesos químicos con mayor temperatura.

El acolchado influencia la fertilidad del suelo, ya que al elevarse la temperatura bajo el plástico y conservar la humedad se favorece la nitrificación; esto es porque al estar la superficie protegida por estos plásticos impermeables, el suelo del cultivo no se lava con las lluvias excesivas y los elementos minerales no son arrastrados a las capas más profundas. Por lo tanto los suelos cubiertos con plásticos retienen mayor nivel de minerales solubles. El nivel constante de humedad, temperaturas altas y mejor aireación del suelo contribuye a elevar la población microbiana en el suelo, asegurando así una nitrificación más completa (Hernández, 1998).

Calidad de los Frutos:

Mejorando la presentación, evitando rugosidades y lesiones en la piel, ocasionadas por el contacto con el suelo (Hernández, 1998). El uso de los plásticos como acolchado en áreas donde la producción de hortalizas es limitada por bajas temperaturas, en los inicios y durante el ciclo del cultivo

tienen como resultado un aumento en los rendimientos. Mostrando así una tendencia a que el aumento en los rendimientos es atribuido al incremento de las temperaturas del suelo y no al aumento de la humedad en el suelo (Dinkel, 1966).

García (1994), en un estudio sobre los efectos de los acolchado plásticos con riego por goteo en el cultivo de melón se obtuvieron los siguientes rendimientos de fruto, el acolchado transparente produjo 43.5 ton/ha no encontrándose mucha diferencia en relación al acolchado negro con 44.370 ton/ha, y el rendimiento más bajo en el suelo sin acolchado con 41.9 ton/ha presentando mayor diferencia con los acolchado transparente y negro. La producción de frutos para exportación fue mayor en el acolchado de polietileno negro, 21.8; acolchado transparente, 19.3 y el no acolchado con 13.7 ton/ha. Rodríguez (1997) obtuvo en otro estudio realizado rendimientos de 29.5 ton/ha en acolchado y 22.2 ton/ha para el no acolchado; Martínez (1997) por el contrario obtuvo 67.8 y 38.3 ton/ha respectivamente con un 40 por ciento de abatimiento de humedad, mientras que con un 60 por ciento de abatimiento de humedad obtuvo 66.6 y 36.2 ton/ha para el acolchado y no acolchado respectivamente, en todos los casos se observa una mayor producción para el acolchado.

Otros beneficios del acolchado plástico es que contribuye a evitar el deterioro del suelo por efectos de agentes climáticos adversos, protegiéndolo

de la erosión; los esteriliza (solarización) ya que las altas temperaturas que se producen en la superficie del suelo ayudan a que muchos agentes patógenos mueran por su efecto. También contribuye al control de malezas debido a que el plástico negro, principalmente, inhibe el desarrollo y crecimiento de las malezas, al impedir el paso de la luz solar (Hernández, 1998).

Temperatura Aparente del Dosel

La temperatura influye en las tasas de las reacciones bioquímicas. La tasa aumenta el doble o el triple cada 10°C de elevación de la temperatura. La temperatura afecta también las tasas de crecimiento y desarrollo de las plantas, así como las tasa de producción y expansión de las hojas y la floración. Las bajas temperaturas y las heladas en un extremo y las altas temperaturas en otro, afectan la sobrevivencia y distribución ecológica de las plantas. En este sentido es muy importante la termometría infrarroja para medir las temperaturas del aire, de la planta y sus partes (hojas, frutos y ápices), y del suelo (Ludlow, 1982).

Sería perjudicial que la temperatura del aire sea alta y la velocidad del viento baja, si la transpiración es limitada por la humedad relativa alta y el cierre estomático. Bajo estas condiciones el balance de energía predice una temperatura de la hoja de 20°C aproximadamente encima de la temperatura del aire y si la temperatura del aire es muy extrema, sería posible que la

temperatura de las hojas alcance los 60°C. Para un número de hojas determinadas con una temperatura sobre los 23°C, por 1000 W m⁻² de radiación se reducirían 13°C, si el número de hojas fuera de 1 x 1 cm en vez de 5 x 5 cm. Esto es porque el sistema convectivo y evaporativo es incrementado por la consecuente reducción de la resistencia en la capa límite, un efecto además causado por la velocidad del viento (Etherington, 1988).

El termómetro infrarrojo es muy utilizado en las mediciones de las cubiertas vegetales comúnmente llamada dosel o canopy por algunos investigadores; por su fácil manejo y rapidez, estas mediciones son utilizadas para determinar las necesidades hídricas, evaporación y transpiración de los cultivos como se puede observar en los siguientes casos:

Resultados obtenidos a partir de experimentos con frijol (*Phaseolus vulgaris*) muestran que la relación entre la temperatura de la hoja, medida al medio día con un termómetro infrarrojo, y la temperatura del aire, se pueden usar para determinar las necesidades hídricas de las plantas (Cselotei y Helyes, 1988).

En ensayos de campo durante 1986-87 en Petrolina, Pernambuco, Brasil, un cultivar de maíz cv. Jatinam C3 Anao fue irrigado a 25, 50, 75 y 100 por ciento de capacidad del campo. Se midió la temperatura del dosel 2-3 veces por semana con un termómetro infrarrojo. En los tratamientos estresados

la temperatura del dosel generalmente fue superior a la temperatura del aire, mientras que en el tratamiento no estresado la temperatura del dosel fue menor (Dantas y Ramana Rao, 1994).

En un estudio donde se compararon dos actividades de las raíces y dos regímenes hidrológicos, ejecutándose mediciones porométricas de resistencia estomática y de temperatura foliar con un termómetro infrarrojo durante los riegos por etapa. El manto freático no afectó la resistencia estomática respecto a los riegos y la actividad de la raíz, obteniéndose valores más altos para el tratamiento irrigado. Los datos de resistencia estomática mostraron que todos los tratamientos tienen valores bajos en presencia de un manto freático poco profundo, a unos 35-40 cm del borde capilar. La temperatura infrarroja siempre fue más baja que la temperatura del aire, aumentando con la profundidad del nivel del manto freático en el suelo (Ventura *et al.*, 1996).

Por otra parte se encontraron diferencias significativas en las temperaturas foliares en doseles de cultivos irrigados y no irrigados de plantas de menta, usando un termómetro infrarrojo manual. Las fluctuaciones de temperaturas en diferentes días significaron que éste no fue un método práctico para detectar el estrés hídrico durante el verano de la zona húmeda del medio oeste de USA. Sin embargo, esta técnica fue usada para desarrollar un índice de estrés hídrico de cultivo (CWSI), empírico; usando una línea base transpiracional en las plantas no estresadas. Este índice se correlacionó con

potenciales hídricos del tallo, cuyos valores fueron moderados y se obtuvieron usando una cámara de la presión ($r^2=0.704$), pero no hubo correlación con la temperatura del dosel, cuando ésta fue menor que la temperatura del aire, (Alkire y Simon, 1992).

Niveles óptimos de temperaturas fueron probados en un invernadero con Nueva Guinea *impatiens*, dentro del cual se instaló un sistema de control de la temperatura en las plantas basado en un termómetro infrarrojo (IRT), con sistema de mando de calefacción infrarrojo, usando el potencial hídrico y la resistencia del dosel del pasto como indicadores de la actividad. Los calentadores infrarrojos se usaron para elevar la temperatura del dosel de las plantas basados en un nivel óptimo teórico, esto dio como resultado un uso diario de agua mayor al de las plantas que no recibieron ningún calor radiante. El aumento en uso del agua de la planta fue proporcional a la disminución de la diferencia en la temperatura de la hoja - aire. Las plantas con una temperatura del dosel que tenían cerca de 24°C, mostraron 118 por ciento de aumento en el uso de agua aún cuando se aumentó la temperatura del aire de 8 a 18°C y un 33 por ciento mas cuando se aumentó de 18 a 24°C (Al Faraj *et al.*, 1994).

Generalidades Sobre los Estomas

Los estomas son los poros adjuntos a las células guardas, en la epidermis de las hojas, a través de las mismas circula el CO₂ y el vapor de

agua desde el interior de las hojas. Los estomas están en un rango de 20 μm de longitud y el área de los poros es de 0.5 y 1.2 por ciento del área foliar (cuando el poro está abierto al máximo). El número de estomas es cerca de uno por cinco células (índice estomático) ó de 100 - 450 por mm^{-2} (densidad estomática). El número de estomas es significativamente alto en la parte abaxial (abajo), que en la parte adaxial (superior), de la hoja (Nederhoff, 1994).

Nobel (1991) define la resistencia estomática como el proceso mediante el cual los estomas se cierran y no permiten la entrada y salida de los flujos desde el interior de las hojas hacia la atmósfera o lo inverso del proceso. La resistencia estomática en el cultivo de melón y otros como el maíz, trigo, frijol, hortalizas, frutales y forestales han sido estudiada por numerosos investigadores que se han preocupado por este aspecto fisiológico de las plantas de cultivo debido a que parte del agua suministrada al cultivo a través de los riegos es transpirada, como parte de un proceso de termorregulación, por las plantas a través de los estomas por donde se realiza además el intercambio gaseoso de la planta hacia la atmósfera; este funcionamiento de los estomas puede ser afectado por la temperatura proveniente de los acolchados plásticos, los cuales al ser irradiados por la radiación solar se calientan y reflejan parte de esa radiación solar o también por otros factores ambientales. El cierre de los estomas es la resistencia de los mismo a la difusión, es provocada principalmente por la falta de luz, el inverso es la conductancia de los estomas, que es provocada por la presencia de luz. La

resistencia y conductancia estomática se calculan por las siguientes ecuaciones:

$$r_s = 1 / g_s \quad (1)$$

$$g_s = 1 / r_s \quad (2)$$

donde,

r_s = Resistencia de la hoja

g_s = Conductancia estomática

Zermeño (1994) menciona que en casi todas las plantas la máxima apertura estomática se alcanza con una radiación de cerca de 200 W m^{-2} de onda corta o sea $400 \mu\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$ PAR.

Salisbury y Ross (1991) afirma que también hay otros factores ambientales que actúan sobre los estomas; los estomas, por ejemplo son muy sensibles a la humedad atmosférica; se cierran cuando la diferencia entre el contenido de vapor del aire y el de los espacios intercelulares supera un nivel crítico. Un gradiente grande tiende a inducir oscilaciones en la apertura y cierre, con periodicidad aproximada de 30 minutos. Hay estudios que indican que temperaturas foliares mayores de 30°C , principalmente en plantas mayormente expuestas a la luz solar, inducen a un cierre estomático. Sin

embargo, en algunas plantas las altas temperaturas provocan la apertura de los estomas en vez de su cierre, aumentando la transpiración y reduciéndose de esta forma la temperatura de la hoja.

Difusión a través de los Estomas:

Nobel (1991) y Bidwell (1993) indican que la epidermis de la hoja con su cutícula protege a la hoja de la desecación, pero también reduce el intercambio gaseoso a niveles muy bajos. El sistema de pequeños estomas, a través de los cuales, la hoja difunden los gases, así como los pasadizos aéreos dentro de la hoja, son sorprendentemente eficaces para el intercambio de bióxido de carbono, en tanto que reducen la evaporación, permitiendo la salida del vapor de agua desde el interior de las hojas y permitiendo la entrada de CO_2 hacia el interior de las hojas.

Los estomas en una planta, generalmente representan el 0.1-0.2 por ciento de la superficie foliar (son poros muy diminutos), podría esperarse que la difusión fuera extremadamente baja. Sin embargo, se ha demostrado a través de experimentos que por el contrario los gases, (oxígeno, bióxido de carbono y vapor de agua) pueden entrar y salir con rapidez. Además, pronto se puso en claro que el gas atraviesa los estomas, puesto que se produce escaso intercambio gaseoso por las superficies foliares carentes de estomas.

Intercambio Gaseoso a través de los Estomas:

Hacia el año 1900 se observó que la difusión del CO_2 a través de las hojas estaba en estrecha correlación con la presencia y número de estomas, tanto en el haz como en el envés de la hoja, el CO_2 se difunde principalmente a través de los estomas. Se calculó tomando en cuenta el área de todos los estomas completamente abiertos, que una hoja en fotosíntesis absorbe cerca de 70 veces más CO_2 por unidad de área de poros estomáticos que un plato abierto de NaOH (hidróxido de sodio), uno de los absorbentes más fuertes de CO_2 que se conocen y probaron que esta eficiencia extraordinariamente alta estaba relacionada con el tamaño de los estomas. Esto es debido a que mientras más pequeño es el poro, más eficiente es su difusión, por unidad de área (Salisbury y Ross, 1991; Nobel, 1991 y Bidwell, 1993).

Estructura de los Estomas:

Santa Olalla y de Juan (1993) describen la anatomía estomática, la que comprende una estructura que conecta los espacios aéreos interiores de la hoja con el aire externo. Cada estoma está rodeado por dos células, las células oclusivas que abren y cierran el estoma mediante su expansión y contracción. Estas células oclusivas contienen cloroplastos. La forma de los poros no es circunferencial sino que generalmente son ovalados en graminéas,

liliacéas, gimnospermáceas y también alargados en el caso del melón; otras los tienen elípticos como en *Vicia faba* y *Sedum spectabilis*.

Movimiento Estomático:

El movimiento estomático sucede cuando la presión de turgencia dentro de las células oclusivas aumenta y las células se tornan túrgidas, asumiendo la forma de un plátano, con las paredes engrosadas separadas para formar un poro o abertura. Esto se debe a que a medida que las células adquieren turgidez tienden a expandirse en toda dirección; en consecuencia las células son forzadas a adquirir la forma de plátano porque las paredes engrosadas no pueden dilatarse. Cuando disminuye la presión de turgencia, las células oclusivas se tornan flácidas, las paredes engrosadas se aproximan y los estomas se cierran. Los estomas se abren cuando el agua difunde por osmosis al interior de las células oclusivas desde las células epidérmicas circundantes, las cuales pueden ser indiferenciadas o células subsidiarias especializadas. Al acentuarse la presión de turgencia en las células estomáticas las induce a hincharse y los estomas se abren (Salisbury y Ross, 1991).

Factores que Afectan el Movimiento Estomático

Se menciona los siguientes factores que afectan el movimiento de los estomas:

El agua: Hay dos tipos principales de control estomático del agua. El primero es denominado "control hidropasivo", el cual resulta del efecto sobre los estomas de todo el potencial de agua de la planta. Su efecto es usualmente rápido y completo. Cuando se alcanza el potencial hídrico foliar crítico (el cual varía entre plantas; es -0.8 a -1.1 kPa en el frijol y puede estar por debajo del punto de marchitez), los estomas se cierran herméticamente y no se abren hasta que el potencial hídrico de la planta ha recobrado su nivel de operación normal. El control hidroactivo que es la medición del potencial hídrico por la planta, la detección de una reducción de agua y la operación de un mecanismo o movimiento específico que cierre los estomas. El ABA (Acido Abscísico) es una hormona que influencia los mecanismos de control hidroactivo y se forma cuando hay reducción del agua en las plantas, formándose ABA y provocando un ligero cierre de los estomas para impedir la pérdida excesiva del potencial hídrico en la planta. Al cerrarse los estomas se inhibe la fotosíntesis (Bidwell, 1993).

El contenido de vapor de agua o la humedad es una medida de la sequedad del aire, factor importante de la tasa de evaporación (E) y de la transpiración (T). Por otra parte, se ha demostrado que los estomas de algunas especies responden de modo directo a la humedad del aire, al margen del estado de la hoja. De esta forma, el estoma se cierra cuando el aire es seco, restringiendo el intercambio de dióxido de carbono y vapor de agua, lo que reduce el crecimiento. Es así que el estoma juega un papel regulador,

controlando el balance entre el agua perdida y la producción de biomasa. La medición de la resistencia estomática a transferir CO₂ y vapor de agua entre la atmósfera y los tejidos internos de la hoja impuesto por el estoma, es importante en muchos estudios sobre producción de biomasa (Ludlow, 1982).

En un cultivo de almendra, se aplicó exceso de humedad en el suelo, el cual provocó estrés y bajó el potencial hídrico en las plantas, lo cual pudo deberse a que aumentó la resistencia de las raíces a extraer agua del suelo; bajo estas condiciones de estrés la resistencia estomática aumentó por lo que esta puede relacionarse con el potencial hídrico (Sánchez-Blanco et al., 1994).

Musgrave (1994) mencionó que en ocho variedades de trigo de invierno bajo condiciones de exceso de agua en Luisiana, USA, y por factores prevalecientes en el Golfo de México, la ausencia de oxígeno en la zona de las raíces ocasionó que en todas las variedades se redujera la resistencia estomática, indicando un cierre parcial de los estomas.

Un cultivar de dos variedades de frijol, desarrollado en condiciones de exceso de humedad, disminuyó significativamente la resistencia estomática, en ambas variedades, a pesar de que una se recuperó del estrés, según Lakitan et al. (1992). Por otra parte, en un experimento con plantas de frijol desarrolladas en invernadero que se sometieron a exceso de humedad por períodos de uno,

tres, cinco y siete días, los valores de la resistencia estomática decrecieron en forma cuadrática (Singh *et al.*, 1991).

González (1997) en un experimento de tomate sometido a dos niveles de humedad (con exceso y sin exceso de la misma) reportó que el potencial hídrico disminuyó, después de iniciado el período de exceso de humedad y la resistencia estomática comenzó a incrementarse, lo que indicó que el estoma se cerró parcialmente con respecto al tratamiento sin exceso de humedad. Se observó que la resistencia estomática de las hojas de las plantas después de dos horas con exceso de humedad comenzó a aumentar ligeramente y a las 26 horas se presentó un aumento mayor, alcanzando 16.2 s cm^{-1} , mientras las plantas sin estrés presentaron una resistencia estomática moderadamente baja de 3.62 s cm^{-1} , estos valores son muy significativos debido a que los estomas estaban prácticamente cerrados.

El efecto del estrés hídrico osmótico sobre la fotosíntesis y la respiración han tenido resultados variables. Se encontró un incremento en la fotosíntesis en plantas adultas en presencia de altas concentraciones de NaCl, pero más recientemente se reportó que la fotosíntesis no fue afectada por este tipo de concentraciones. La respiración tendió a ser alta en este último caso. Sin embargo en este estudio, la fotosíntesis y la respiración, además de los estomas fueron estudiados en plantas sujetas a varias concentraciones externas de NaCl. La transpiración no se redujo; los métodos porométricos de

estimación de transpiración y resistencia a la difusión indicó que la actividad no disminuyó pero incrementó la salinidad (Boyer, 1994).

Bióxido de Carbono: Las bajas concentraciones de CO_2 promueven la apertura estomática, y las altas causan el cierre rápido a la luz o a la obscuridad, en un rango de 300 a 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, reduciendo un tres por ciento la g_s por cada 100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 , tomando en cuenta una PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Nederhoff, 1994). Sin embargo, la exposición a la luz bajo estas condiciones pronto causaran la apertura estomática, porque el CO_2 del interior de la hoja es consumido en la fotosíntesis. Bustamante *et al.* (1999) encontraron en un estudio con jitomate que el intercambio gaseoso depende de la conductancia estomática, ya que la fotosíntesis y transpiración aumentaron casi linealmente con la g_s hasta que ésta llegó a un valor de 4 cm s^{-1} . En adición, las plantas cubiertas con agribón mostraron mayor g_s , 3.5 cm s^{-1} , en comparación con las descubiertas las que tuvieron mayor cierre estomático inducido por las condiciones de interperie.

Vargas y Muñoz (1991) mencionan que el intercambio de CO_2 y vapor de agua entre la hoja y la atmósfera está controlado por los estomas. La resistencia estomática al flujo de estos gases también depende de la frecuencia, tamaño y disposición de estos. Una variación en cualesquiera de las características anteriores pueden ocasionar diferencias en las tasas transpiratoria y fotosintética de las plantas. De manera similar, las diferencias

en el tejido endodérmico y tamaño de los haces vasculares pueden ocasionar diferencias en el movimiento del agua dentro de la hoja o en la eficiencia de traslocación de fotosintatos. Nederhoff (1994) en un estudio realizado (*Solanum melongena* L., cv. Cosmos) comprobó que la elevación del CO_2 reduce la conductancia estomática, ya que a partir de los datos del día realizó una correlación entre la conductancia (g) y el CO_2 , la cual resultó negativa, obteniéndose valores desde -0.01 - 0.067 con un $r=0.19$ al 0.01.

En cultivares de melón y sandía, se realizó una reducción en la actividad de asimilación de CO_2 como resultado a la exposición de ozono, provocado paralelamente por un aumento en la resistencia estomática; una consecuencia de esto fue la reducción en la floración (Fernández-Bayón, 1993).

Luz: Es un fuerte factor de control. Los estomas se abren a la luz y se cierran a la obscuridad. La cantidad de luz necesaria para que se abran los estomas varían entre especies. Algunas, como el tabaco, necesitan sólo bajar intensidades luminosas, del orden de 2.5 por ciento de la luz plena del día; otras pueden requerir casi la luz plena y directa del sol para la completa apertura.

Por otra parte la luz al incidir sobre las células oclusivas, recordemos que estas tienen cloroplastos y producen actividad fotosintética lo que afectaría la apertura estomática ya que la fotosíntesis reduce la concentración de CO_2 ,

que a su vez es un poderoso estímulo para la apertura de los estomas. Los azúcares que se producen en la fotosíntesis son sustancias osmóticamente activas que coadyuvan a abatir el potencial hídrico de las células oclusivas. La fotofosforilación podría suministrar el ATP necesario para conducir los bombeos transportadores de iones que movilizan el K^+ u otras sustancias al interior de las células oclusivas (Esau, 1976; Fahn, 1978; Nobel, 1991; Santa Olalla y de Juan, 1993; Bidwell, 1993).

Temperatura: La temperatura influye sobre la apertura estomática, pero su efecto no es tan claro como la luz. Al incrementar la temperatura se acentúa la apertura de los estomas, mientras el agua no llegue a ser limitante. Esto parece ser un mecanismo protector contra el calentamiento ya que la evaporación del agua transpirada ejerce un efecto refrescante. De acuerdo con esta idea, los estomas de algunas plantas, particularmente las del desierto, se tornan insensibles al CO_2 a temperaturas elevadas. Así pues, la planta se protege contra el recalentamiento, a pesar de la actividad fotosintética. Esto es debido a que los estomas podrían cerrarse por el calentamiento debido a la elevación del contenido de CO_2 resultante de la respiración excesiva y de la fotosíntesis empeoradora del calentamiento. Sin embargo, también hay otras plantas cuyos estomas no se abren a temperaturas muy bajas, aún ante la luz intensa (Salisbury y Ross, 1991).

En un estudio de un período comprendido por varios años, para observar los efectos del CO₂ y la temperatura sobre la densidad estomática, se obtuvieron resultados donde baja la densidad estomática en por lo menos un 14.3 por ciento, con el incremento de los niveles de CO₂; mientras que la temperatura medio ambiental pareció no influir en la densidad de los estomas (Beerling y Chaloner, 1993; Woodward y Kelly, 1995). Sin embargo, Bustamante *et al.* (1999), menciona que altas temperaturas entre los 29-34.3°C, combinada con una baja humedad relativa (17.5-32 por ciento), una alta concentración de CO₂ y alto déficit de presión de vapor de 2.8 a 3.8 kPa, provocan cierre de los estomas.

Ubicación de los Estomas

Los estomas se encuentran en las partes aéreas del vegetal y especialmente las hojas, tallos y rizomas. En el caso del melón la mayor parte de estomas están ubicados en la parte abaxial de las hojas. No hay estomas en las raíces ni tampoco en todo el cuerpo de plantas parásitas carentes de clorofila, como es el caso de *Monotropa* y *Neottia*. En el género *Orobanche*, sin embargo, se encuentran estomas en el tallo, a pesar de ser un vegetal desprovisto de clorofila. Por debajo de los estomas y penetrando hacia el interior del mesófilo existen espacios intercelulares llamados "camaras subestomáticas". En las hojas de venación reticulada los estomas se distribuyen sin un orden, pero en las hojas paralelinervas (como en las

gramíneas), los estomas adoptan una disposición paralela, formando filas (Esau, 1976; Fahn, 1978).

Evapotranspiración

García y Briones (1997) mencionan que la evapotranspiración es la suma de la transpiración y el agua que se evapora del suelo. La evapotranspiración es expresada en l/t, cm/mes, mm/día, etc. Cuando se habla de evapotranspiración estamos refiriéndonos al consumo de agua por el cultivo. También afirman, que se define la evaporación como el agua perdida en forma de vapor por el terreno adyacente a la planta, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas.

Nobel (1991) afirma que para una hoja expuesta a la luz del día y que disipe la evaporación se necesitan cerca de $4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, y que la densidad del flujo de calor fuera de la hoja, después de la transpiración es de 180 W m^{-2} , tomando en cuenta una temperatura de 25°C y que el calor de vaporización es de 44.0 kJ mol^{-1} . Esto tomando en cuenta que hay un balance de radiación de 370 W m^{-2} , siendo el resto de energía removida por conducción de calor junto a la capa limite y por convección forzada. Afirman que este proceso requiere de 600 calorías por cada gramo de agua evaporado.

Factores que Condicionan la Evapotranspiración:

Fuentes (1996) y García y Briones (1997) mencionan los siguientes factores:

-Los Factores concurrentes en el suelo; tales como capacidad de retención del agua, capacidad de calentamiento, exposición a los rayos solares, etc.

-Naturaleza de la vegetación; especialmente en lo referente a los órganos encargados de la absorción y de la transpiración del agua.

-La fase vegetativa en que se encuentra el cultivo; la evapotranspiración varía a lo largo del ciclo vegetativo. Con la planta recién nacida la mayor parte del agua consumida tiene lugar por evaporación en el suelo, pero a medida que el cultivo se desarrolla la transpiración aumenta, la cual se hace máxima al alcanzar la planta el máximo desarrollo foliar.

-Condiciones meteorológicas; las que favorecen o atenúan la evaporación, tales como la intensidad de la radiación solar, vientos, humedad relativa, etc.

-Otros factores son: la cantidad de área cubierta por el cultivo, la fase de crecimiento del cultivo, el clima y el suelo.

-Los factores correspondientes al suelo que afectan la evapotranspiración son: la cantidad de agua aprovechable en la zona radicular, la temperatura del suelo y la concentración de sales.

El factor climatológico más importante que afecta la evapotranspiración es la radiación solar, porque ésta es la fuente de energía necesaria para transferir el agua de un estado líquido a uno de vapor, tanto en la planta como en el suelo. La temperatura del suelo y el aire, así como la humedad, la lluvia y el viento, también tienen influencia en la evapotranspiración de un cultivo.

Componentes del Balance de Energía

Jones (1992) en su estudio acerca del balance de energía dice que el principio de energía, según la primera ley de la termodinámica, en ese estado de conservación la energía no puede ser creada o destruida, pero solamente cambia de una forma a otra. En un ejemplo que se cita se aplica a una hoja o canopy de la planta puede verse la diferencia entre todos los flujos de energía y la que se encuentra almacenada dentro del sistema.

Torres (1995) dice por otra parte que la energía calorífica se puede transmitir de tres formas distintas, por radiación, convección y por conducción. La fórmula general del balance general de energía es la siguiente:

$$R_n + LE + H + G + M + Fe + Fs = 0 \quad (3)$$

Siendo R_n (radiación neta), LE (flujo de calor latente), H (flujo de calor sensible transferido por convección), G (flujo de calor almacenado en el suelo), M (energía utilizada por los cultivos en los procesos metabólicos), Fe (flujo de entrada horizontal del calor hacia el cultivo) y Fs (flujo de salida de calor del cultivo hacia afuera).

La Radiación:

La radiación neta es la cantidad de energía recibida sobre una superficie dada o también es la energía disponible para realizar un trabajo, el balance de radiación neta es expresada por $R_n = H+LE+G$. Esta R_n es positiva durante el día y esta compuesta por el flujo de calor sensible que es negativo porque se aleja de la superficie de suelo y el calor latente de evaporación que también es negativo porque es el flujo de vapor de agua que se aleja de la superficie ($R_n = H+LE$). Sin embargo durante la noche la radiación neta es negativa y por regla general los flujos tanto de calor sensible como de vapor de agua son positivos ya que cambia de dirección, entonces se da la siguiente ecuación, $LE+H=R_n$.

Las radiaciones visibles (.380-.760 μ) juegan un papel fundamental en la síntesis de clorofila y el posterior proceso fotosintético, que permite a los

vegetales sintetizar los compuestos orgánicos para su crecimiento y desarrollo. Las radiaciones infrarrojas o calóricas (mayores de $.760 \mu$) son las que elevan la temperatura ambiente y de los cuerpos sobre los que inciden. Ludlow (1982) establece algunas relaciones entre el microclima y las plantas - agua, en el caso de la radiación solar menciona que es una fuerza que induce a la fotosíntesis y el crecimiento de la plantas. La cantidad de radiación recibida establece el límite máximo de la producción de biomasa y determina la distribución ecológica de las plantas ya que influye en su balance de energía y temperatura; determinar la radiación solar es muy importante a través de mediciones sobre el dosel de las plantas, lo que es relativamente fácil, aunque también es necesario medir dentro del dosel. Esto es porque la composición espectral de la radiación solar cambia cuando pasa el tejido clorofílico y, en menor grado cuando es reflejada. En segundo lugar hay una gran variabilidad de energía solar dentro de las comunidades vegetales, desde manchas de sol hasta sombras profundas.

Arya (1988) menciona que hay cuatro tipos principales de flujos de energía en una superficie idónea, nominalmente la radiación neta hacia la superficie, ó también de la superficie hacia la atmósfera; los flujos de calor sensible (directo) y latente (indirecto) hacia la atmósfera, y el flujo dentro y fuera del submedio (suelo o agua). Durante el día el flujo de radiación neta es usualmente dominado por la radiación solar y casi siempre dirigido hacia la

superficie, por ratos en la noche la radiación neta es mucho más débil y dirigida afuera de la superficie.

Muhamad *et al.* (1990) realizó un estudio donde se trata de examinar la respuesta de melón a la radiación ultravioleta. Hojas jóvenes y completamente desarrolladas, de tres a cuatro escenarios, fueron seleccionadas para determinar resistencia, transpiración, densidad estomática, fotosíntesis y respiración, contenido de clorofila y cambios en la estructura anatómica de la hoja. Los resultados indicaron que aunque el contenido de clorofila es sensiblemente menor, la fotosíntesis y la respiración son actividades altamente afectadas por el aumento de la radiación ultravioleta. Las plantas irradiadas presentaron significativa reducción de actividad fotosintética excediendo un 30 por ciento comparado con las plantas control. En adición las hojas desarrolladas en las plantas expuestas a dicha radiación presentaron quemaduras y efectos cloróticos.

Por otra parte se ha comprobado que valores diarios de radiación total de en torno a 0.85 MJ m^{-2} son los umbrales mínimos para la floración y cuajado, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo, que iluminaciones más débiles durante más tiempo. En cuanto al manejo del cultivo la densidad de población, el sistema de poda y el entutorado deben optimizar la interceptación de radiación, debido a que su reducción implicaría una reducción lineal de la cosecha.

Baker y Allen (1994), Coldwell *et al.* (1995) y Gregory *et al.* (1997) mencionan que en un estudio de arroz se observó, entre otras cosas que las altas concentraciones de CO₂, temperaturas y radiaciones ultravioleta afectaron la fotosíntesis y por lo tanto el crecimiento, desarrollo y rendimiento en gramíneas y hortalizas como plantas C3. Sinha y Wilson (1993) en estudios sobre el impacto climático en la productividad de un agrosistema de arroz y trigo, usando modelos matemáticos, encontraron que el arroz resultó ser sensible a la temperatura, a la radiación y a la interacción de ambas. Las altas temperaturas y la reducción de la radiación causaron esterilidad y redujeron el rendimiento. El incremento de las temperaturas redujo el rendimiento de trigo, a pesar del aumento y acrecentamiento en la demanda de fotosíntesis.

Hadley *et al.* (1995) afirman que a partir de la energía solar se obtuvieron incrementos de temperatura por encima de la media, en tres y cinco grados centígrados, en invernaderos convexos cubiertos con polietileno, con intercambio de aire externo. Estos contribuyeron al incrementos de los gradientes de temperaturas y con las fluctuaciones estacionales de las mismas, correspondientes al ambiente durante el día. Estos incrementos en los gradientes de temperaturas resultaron dañinos en todas las fases de crecimiento y cosecha de lechuga, zanahoria, coliflor y trigo de invierno.

El aumento de temperaturas en cultivos hortícolas, plantados en un invernadero de 8.6 m de ancho y 31.9 m de largo dio como resultado mayor

precocidad en la madurez, pero retardó el cuajado de la floración principalmente en coliflor sobre los 49 días, sin embargo aumentó el número de hojas a los 36 días. y el incremento de la temperatura ambiente fue de 12 y 15.7°C respectivamente (Wurr *et al.*, 1996).

El uso de cubiertas flotantes de agribón redujo en un 22 a 33 por ciento la intensidad de la radiación fotosintéticamente recibida por la planta, respecto a la interperie. Sin embargo esta reducción no se considera restrictiva para la actividad fotosintética del jitomate, ya que las plantas recibieron un promedio de 1200 mmol fotones $m^{-2} s^{-1}$, que es suficiente para plantas fotosaturables C3 como el jitomate. También se indujo un aumento de la temperatura hasta de 3°C y una disminución de la tasa de CO_2 , por la cubierta flotante (Bustamante *et al.*, 1999).

Determinación de los Componentes del Balance de Energía

Nobel (1991) y Etherington (1988) mencionan que para determinar el balance de energía se utilizan los coeficientes de difusión eddy y el coeficiente de la relación bowen. Las mismas estaciones son utilizadas en áreas extensas de cultivos.

Se han realizado mediciones del balance de energía con las estaciones bowen y eddy, para determinar la evapotranspiración en un área extensa de

cultivo y tomando en cuenta la ubicación de la misma, como se presenta en las siguientes situaciones:

Kim *et al.* (1988) realizó un trabajo sobre el balance de energía y agua en cereales (*Hordeum vulgare* L., Custer y *Triticum aestivum* L., Collit) donde fueron evaluados los componentes por día y estacionalmente con una estación bowen donde la demanda de energía en el cultivo fue controlada por las demandas evaporativas atmosféricas y por el agua disponible en el suelo. En este experimento el flujo de calor sensible fue afectado por la energía almacenada en el cultivo acrecentando la evapotranspiración (ET). El porcentaje de radiación neta disminuyó de 90 a 50 por ciento por el consumo de la ET en la senescencia para los dos cultivos.

El flujo de calor sensible en y cerca de la superficie se presenta como resultado de las diferencias en las temperaturas de la superficie y del aire. Actualmente las temperaturas varían continuamente, en la capa de la superficie atmosférica, con la altura; además la magnitud del gradiente de temperatura vertical usualmente disminuye con la altura. El flujo de calor latente es el resultado de la evaporación, evapotranspiración, o condensación en la superficie y es producto de calor latente de evaporación o condensación. La evaporación ocurre desde una superficie con agua o bien cuando el suelo y la vegetación están húmedos, esto sucede cuando el aire que esta encima de la superficie es secado.

En un estudio sobre los componentes del balance de energía, se computó el flujo de calor latente (LE) a partir del viento y la temperatura, ambos se midieron en el sitio de estudio; se usó un sensor del follaje para medir la duración de evaporación de la superficie mojada de una hoja, y la radiación neta (R_n) se midió con un radiómetro. El flujo de energía durante el período húmedo de la superficie de la hoja, la evaporación, fue medido en otro momento. Se ubicó un lisímetro en el sitio en el mismo período después que las hojas comenzaron a secarse. La energía requerida para secar la superficie de la hoja húmeda, expuesta a la radiación, fue estimada a través de métodos del balance de energía. El valor promedio obtenido durante 44 días de observación (Febrero a Mayo de 1993) indicó que la energía requerida para evaporar el rocío desde el inicio de exposición de hojas humedecidas fue el cinco por ciento del total de la evaporación diaria, con un coeficiente de variación de 0.72. El tiempo promedio requerido para evaporar el rocío de la superficie húmeda de la hoja a partir de la radiación neta fue de 78 minutos. El promedio de evaporación del rocío en una mañana, de la misma hoja fue de 0.16 mm con un valor máximo de 0.41 mm (Abtew y Obeysekera, 1995).

Iritz y Lindroth (1994) mencionan, que realizaron un estudio para cuantificar y analizar la evaporación durante la noche en sauce (*Salix viminalis* L.). En este experimento la evaporación fue medida las 24 horas del día durante 76 días, cuando las plantas estaban en período de crecimiento, durante 1988. Los estimados se realizaron utilizando el método del balance de

energía y la relación bowen. La resistencia del follaje fue estimada usando un arreglo de la ecuación combinada de Penman y el promedio de la evaporación por hora durante el día fue de 0.18 mm h^{-1} y el valor correspondiente a la evaporación por la noche fue 0.013 mm h^{-1} , el cual representa cerca de un siete por ciento de la actividad durante el día. El promedio acumulado de evaporación durante la noche fue de 0.12 mm por noche o 4.3 por ciento de el promedio de evaporación durante el día. La mayor evaporación en la noche ocurrió en los meses de Septiembre y Octubre con 0.21 mm a 0.36 mm por noche respectivamente, algo como el 3-5 por ciento de la evaporación durante el día en ese mismo período. La evaporación total durante la noche en el período de crecimiento fue de 21 mm .

Las Estaciones Eddy para Determinar el Balance de Energía

Santa Olalla y de Juan (1993) mencionan que la estación eddy sirve para medir los componentes del balance de energía a partir del desplazamiento de las masas de aire por turbulencia, la cual se mueve por la velocidad vertical del viento y por convección transporta flujos de calor y vapor de agua; debido a esto se dice que los flujo de convección y de evaporación corresponde a un fenómeno turbulento. Con la estación eddy medimos la velocidad vertical del aire, la velocidad horizontal del aire, la humedad relativa, el déficit de presión de vapor así como la temperatura del aire. La información recolectada sirve para calcular la evapotranspiración (LE), a partir de las siguientes ecuaciones:

$$H = \rho_a C_p \overline{W' T'_{\text{aire}}}, \quad (4)$$

donde:

$\overline{W' T'_{\text{aire}}}$ = Es la Covarianza entre la Velocidad Vertical del Viento y la Temperatura del Aire, ρ_a = Densidad del aire, C_p = Capacidad calorífica del aire.

$$H = (R_n - G) - LE \quad (5)$$

LE se calcula de la siguiente forma:

$$\lambda E = L \rho_a \overline{W' q'}, \quad (6)$$

donde,

λ = Calor latente de vaporización del agua, ρ_a = Densidad del aire, $\overline{W' q'}$ = Es la Covarianza entre la Velocidad Vertical del Viento y la Humedad Específica.

$$LE = (R_n - G) - H \quad (7)$$

$$G = R_n - \{H + LE\} \quad (8)$$

$$G = K^* \frac{dT}{dz} \quad (9)$$

donde,

K^* = difusividad térmica en el suelo, dT = diferencial de temperatura en °C, dz = diferencia de profundidad, Z en metros.

Por lo tanto de lo anterior se desprende el calculo de la evapotranspiración (E), tomando en cuenta el flujo de calor latente (LE) y el calor latente de vaporización, en un tiempo determinado de segundo, minuto, hora o un día:

$$E = \frac{LE}{\lambda} * 3600 \text{seg.} = \text{mm/hora} \quad (10)$$

Estos son los principios físicos de las estaciones eddy.

Kustas *et al.* (1994) hicieron estimaciones de los componentes del balance de energía (Rn, LE, H y G) sobre superficie cubierta de diversa vegetación, esparcida sobre la misma, usando la correlación eddy en condiciones inestable y estables, encontrando un 20 por ciento de variabilidad. Moran *et al.* (1994) evaluó el comportamiento del balance de energía superficial, en el verano de 1990 en una región semiárida del sureste de Arizona, USA, donde en algunos sectores predominaba la grama, en las mediciones utilizó los métodos de la correlación eddy y la relación bowen, obteniendo valores de 115 a 670 W m⁻² para Rn, -13 a -213 W m⁻² en G, 13 a 303 W m⁻² en H y LE estuvo en un rango de 0 a 340 W m⁻² en las mediciones realizadas, por los tres métodos.

Stannard *et al.* (1994) calculó el balance de energía sobre ocho sitios cubiertos de vegetación natural, durante el monzón de 1990, usando la correlación eddy y la relación bowen en uno de los sitios vegetados, el estudio se repitió durante tres periodos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Area de Estudio

El trabajo de campo se realizó en la zona de Paila, municipio de Parras, a 136 km. al Poniente de Saltillo, en el Rancho Los Arrepentidos propiedad del Productor Luis Felipe Reyna, que se encuentra ubicado a 1,110 msnm. La fecha de establecimiento fue el 7 de Abril de 1998. Finalizando la fase de Campo, en Julio de 1998.

El clima de la zona de Paila de acuerdo a la clasificación de Köeppen, y según la modificación para la República Mexicana hecha por García en 1973, citado por Ayllón (1996), se define como muy seco y de estepa, con días y noches muy calurosos principalmente a finales de la primavera y el verano, con una temperatura media anual de 18 a 36⁰C. Precipitación: Las lluvias son escasas y se ubican en un rango de 250 - 400 mm anuales, con frecuencia se presentan sequías prolongadas. Siendo los meses lluviosos del año de Junio a Septiembre.

El tipo de relieve predominante es de topografía con poca pendiente, uno a dos por ciento, la textura es del tipo migajón; se encuentra una vegetación muy escasa debido al alto contenido de sales predominante en los suelos, la mayoría es una vegetación de xerófilas.

Establecimiento del Trabajo de Campo

El Trabajo de campo se realizó en una tabla de aproximadamente 10 hectáreas de melón con acolchado y riego por cinta. En esta superficie se ubicó en el lado Norte una pequeña superficie de aproximadamente una hectárea la cual no se acolchó. Los riegos se aplicaron simultáneamente en ambas superficies. La Figura 3.1. muestra la distribución de las unidades de estudio en el campo.

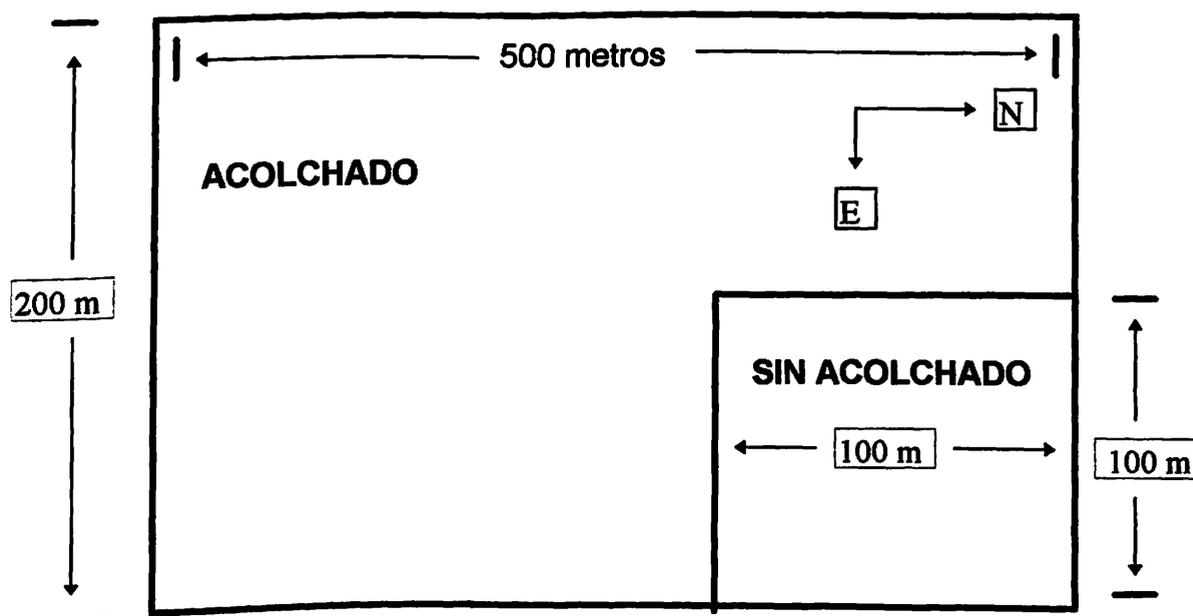


Figura 3.1. Croquis de campo.

Para la siembra del cultivo se realizó una preparación adecuada del suelo consistiendo en labores de barbecho, rastra, nivelación, encamado y colocación del plástico para acolchado. La siembra se realizó en seco el 7 de Abril de 1998 y la semilla utilizada fue el híbrido Cruiser, con una densidad de 27200 plantas/ha (hubo una pérdida de plantúlas de nueve - doce por ciento en el acolchado y el no acolchado respectivamente, por problemas de profundidad de siembra y afectación de sales); dejándose una distancia de 30 centímetros entre plantas, y 1.83 metros de centro a centro entre camas. El ancho de las camas meloneras fue 0.63 metros y el alto de las mismas fue de aproximadamente 15-20 centímetros.

Previo a la colocación del acolchado, se colocó la cinta de ocho milésimas de espesor, posteriormente se realizó la siembra; el plástico para acolchado fue de polietileno negro de 37.5 micras de espesor. Después de colocar el plástico, este se cubrió con unos diez centímetros de tierra en los bordes para evitar que el viento levantara el plástico, todo esto se hizo en forma mecanizada.

Después de la siembra se aplicó un riego a saturación con la cinta (riego por goteo), posteriormente se siguieron aplicando los riegos diarios durante cinco horas hasta la fase de floración y posterior a esta se aplicaron diez horas de riego cada dos días, con esto se buscó garantizar una buena humedad con la formación del bulbo húmedo, principalmente en la zona

radicular del cultivo, manteniendo el nivel de humedad cercano a la capacidad de campo y así garantizar el lavado de sales, según expresa Hernández (1998). La lámina de riego aplicada fue de 18.7 mm/día, la que se determinó con la siguiente fórmula:

$$Lr = (Q * \text{Tiempo de riego}) / \text{Area regada} \quad (11)$$

Se seleccionaron dos camas por tratamiento para hacer las mediciones de desarrollo vegetativo, para esto se tomó como punto de medida el inicio de la guía principal; teniendo el cuidado de que las plantas donde se realizaron las mediciones tuvieran plantas vecinas o sea tuvieran competencia de nutrientes, espacio y luz.

Mediciones de Porometría

La resistencia estomática (r_s) se midió utilizando dos porómetros portátiles (uno modelo LI-1600, propiedad de la UAAAN y otro del CIQA con las siguientes especificaciones Porometer AP4 Delta - T- Devices - Cambridge - U.K.). Estas mediciones se hicieron a intervalos de ocho días a través del ciclo vegetativo del cultivo, hasta el momento de la maduración y corte. Las mediciones se realizaron aproximadamente al medio día solar o sea entre las 13:00 - 14:00 horas, en ambas superficies, esto con el propósito de analizar el comportamiento estomático de la planta en el momento de mayor cantidad de

luz solar en un día en un ambiente con y sin acolchado. De las dos mediciones con los porómetros, se realizó un promedio debido a que no se encontró mucha diferencia entre ambos datos.

Para realizar la toma de datos de resistencia estomática se seleccionaron cuatro plantas por tratamiento y dos hojas por planta. En cada planta se escogió la tercera y cuarta hoja de la guía principal, esto para evitar hacer, en un inicio, mediciones en hojas muy viejas que pudieran presentar daños mecánicos y/o de enfermedades. Estas mediciones se realizaron durante los períodos estacionales (fases fenológicas) del desarrollo del cultivo, para analizar el comportamiento de las variables en cada una de las estaciones o fases.

Las variables medidas con los porómetros fueron: temperatura de la hoja en °C, humedad relativa de la interfase hoja - ambiente en por ciento, radiación fotosintética activa (PAR) $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, resistencia estomática en $\text{s}^{-1}\text{cm}^{-1}$ y transpiración en $\text{gH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Medición de la Temperatura Aparente de la Superficie:

La temperatura aparente del follaje, del suelo desnudo (regaderas) y del suelo acolchado se midió con un termómetro infrarrojo; para tener otro parámetro de comparación y análisis de la resistencia estomática de las

plantas de melón. La medición de las temperaturas se realizó en sectores cercanos donde se estaba midiendo resistencia estomática; la distancia a la que se colocó el termómetro infrarrojo para la medición fue de un m aproximadamente con inclinación hacia el objetivo de la medición.

Mediciones del Balance de Energía

Los componentes del balance de energía: radiación neta (R_n), flujo de calor en la superficie del suelo (G), flujo de calor sensible (H) y flujo de calor latente (LE) se midieron en las superficies con y sin acolchado.

Para medir los componentes del balance de energía se instaló una estación eddy en cada superficie (con y sin acolchado); las estaciones eddy estuvieron operando a una frecuencia de 5 HTZ para obtener promedios cada veinte minutos.

Las estaciones eddy estuvieron compuestas de un higrómetro de kriptón, un anemómetro sónico, un termocouple de alambre fino, un dataloger y radiómetro neto.

La instalación de las estaciones micrometeorológicas se realizó cuando ya el cultivo estaba en emergencia, considerándose que a partir de esta fase podía influir en el comportamiento de los componentes del balance de energía,

esto fue a los 16 días después de siembra (DDS) o sea a los 105 días según calendario anual.

Para instalar las estaciones, en las parcelas experimentales, se dejó una zona de amortiguamiento (fetch) de aproximadamente unos 80 metros hacia el oeste ya que de ahí provenían los vientos dominantes en la zona al momento de la instalación de las estaciones eddy; no obstante la información recolectada desde la instalación y hasta el día 114 del año, indicó que los vientos dominantes provenían del este. Esta situación obligó a la reubicación de las estaciones micrometeorológicas, por que la información no era confiable, de tal modo que el fetch quedó hacia el este.

Mediciones Agronómicas

Para evitar sesgos en el experimento a los dos tratamientos se dio el mismo manejo agronómico; en lo referente a preparación del suelo, suministros de riego, nutrientes, aplicación de herbicidas e insecticidas así como un control manual de malezas que se implementó. La densidad de siembra por ha. fue igual en el acolchado y sin acolchado.

Las variables agronómicas medidas fueron las siguientes: días a emergencia, días a aparición de primer hoja verdadera, días a inicio de guías, crecimiento longitudinal de las guías, número de guías por planta, días a

maduración y cosecha, rendimiento total por ha. La medición de longitud de la guía principal se inició a los 22 días después de la siembra cada 15 días.

La cosecha de frutos se realizó de manera manual en toda la superficie, cuando el fruto de melón había alcanzado su madurez fisiológica y se podía desprender fácilmente del pedúnculo. Posteriormente a la cosecha, se pasó a la selección de calidad debido a que el productor vende el fruto de mejor calidad fuera de la región, y el de menor calidad (fruto más pequeño) al mercado de la región o intermediarios. Los frutos del área sin acolchar además de madurar en un mayor período de días salieron de mala calidad, por el contacto con la tierra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones Porométricas

Resistencia estomática:

La figura 4.1 muestra los valores de resistencia estomática (r_s), en sm^{-1} , de las plantas de melón con y sin acolchado plástico. Los resultados que se presenta son de las mediciones porométricas, y son el promedio de los valores obtenidos con los dos porómetros.

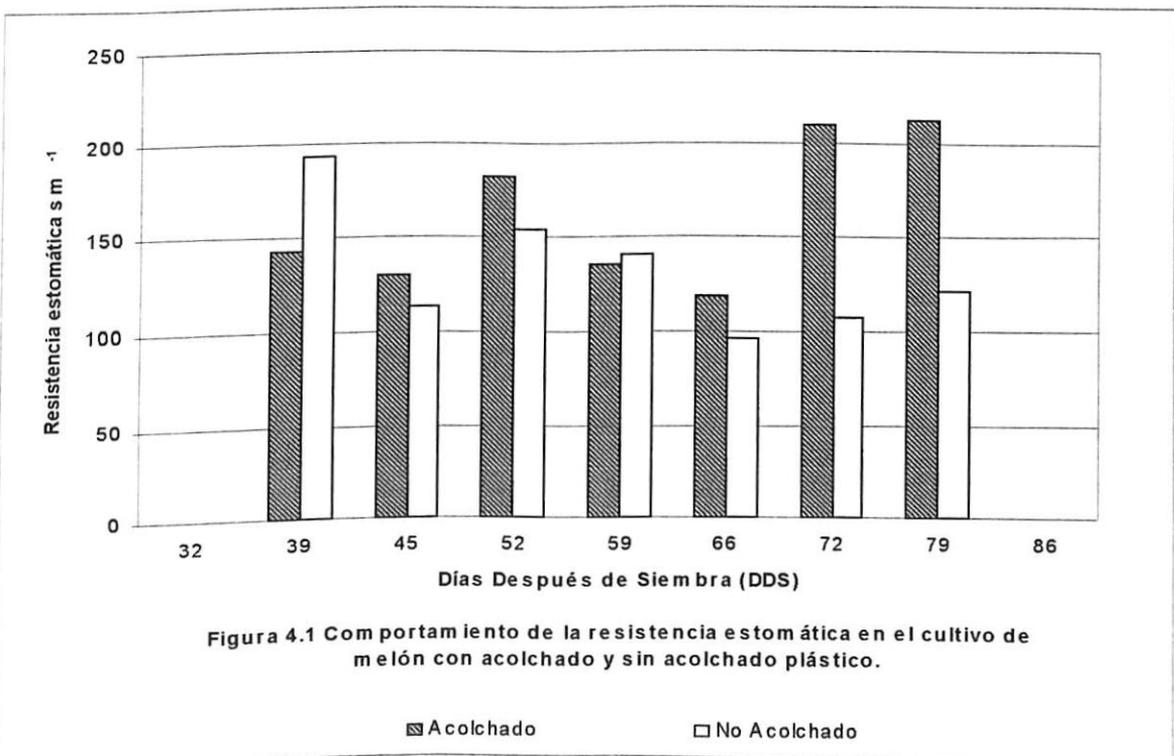


Figura 4.1 Com portamiento de la resistencia estomática en el cultivo de melón con acolchado y sin acolchado plástico.

■ Acolchado

□ No Acolchado

Esta figura muestra que la resistencia estomática tiene una tendencia a ser mayor en la sección acolchada. Esto pudo ser influido por el incremento de la temperatura del plástico negro, debido a que altas temperaturas pueden provocar el cierre de los estomas. Los valores menores de resistencia estomática, en la sección sin acolchado, se pueden deber a que las temperaturas aparentes de las camas fueron inferiores en comparación con las temperaturas aparentes de las camas con acolchado.

Los resultados obtenidos de resistencia estomática en las hojas de las guías de las plantas de melón, en las dos secciones, no presentaron mucha diferencia en las fases de desarrollo y floración; sin embargo las diferencias aumentan en algunas fases fenológicas como emergencia, maduración y cosecha. El incremento en los días 72 y 79 es debido a la precocidad inducida por el acolchado plástico, correspondientes a las fases de maduración y cosechas de la sección acolchada, cuando las hojas presentaban un estado de madurez fisiológica, laceraciones así como decoloraciones causadas por ataques de insectos y enfermedad, y daño causado posiblemente por los vientos todo lo cual contribuyó al cierre de los estomas.

Transpiración:

La transpiración (T_r) a nivel de las hojas de las plantas de melón fue medida con los porómetros en forma particular para cada sección. La figura 4.2

muestra el comportamiento de la transpiración en la sección del cultivo de melón con acolchado. En la misma se puede observar un comportamiento general casi uniforme debido a un contenido de humedad, en el suelo mas estable por efecto del acolchado plástico. Aunque al final la transpiración tiende a disminuir ligeramente lo que corresponde con la demanda de agua por parte de la planta y el desarrollo vegetativo del cultivo en general. Los valores promedios de transpiración en la sección acolchada son de $0.175 \text{ gm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Los resultados del presente estudio indican que la transpiración esta relacionada con la resistencia estomática, ya que la transpiración fue menor cuando hubo mayor resistencia.

La figura 4.3 muestra los resultados de la transpiración en el cultivo de melón en la sección sin acolchado; donde se puede observar una tendencia a incrementar ligeramente, en comparación con la sección con acolchado. Se observan fluctuaciones altas de los valores de la transpiración debido a fluctuaciones mayores de la humedad en el suelo, a consecuencia de valores altos de evaporación del suelo desnudo. En este caso se están transpirando por la planta $0.2 \text{ gm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Hay mayor transpiración debido a que hay menor resistencia estomática, por la relación que existe entre las dos actividades fisiológicas.

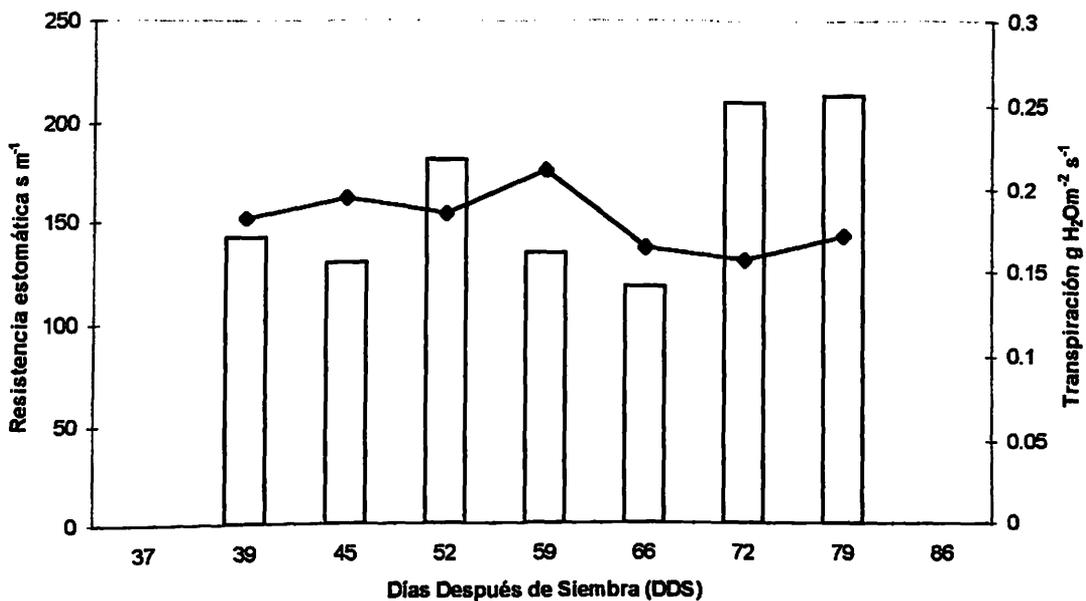


Figura 4.2 Relación de la transpiración y la resistencia estomática en melón con acolchado plástico.

Resistencia Transpiración

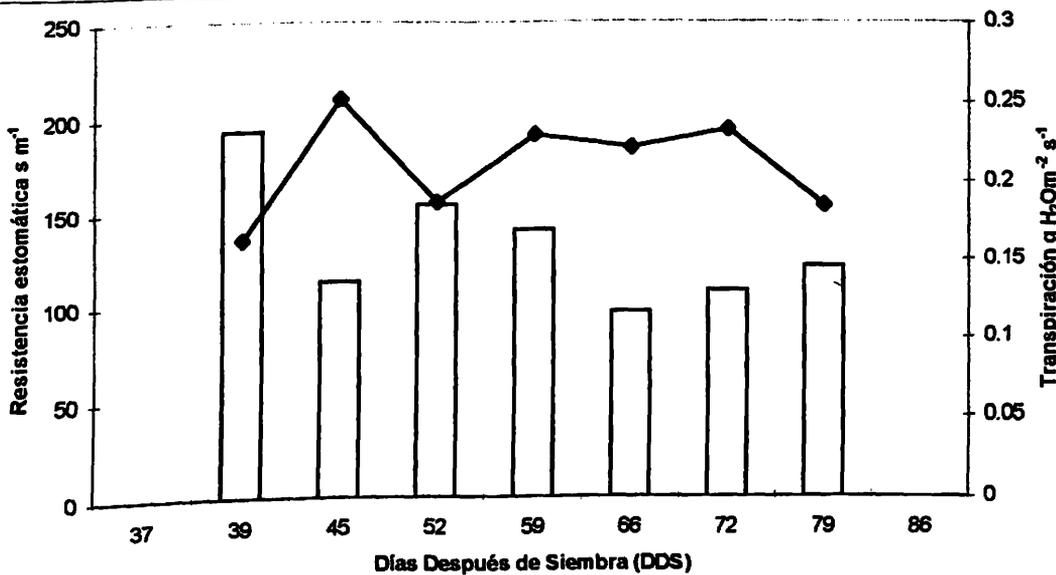


Figura 4.3 Relación de la transpiración y la resistencia estomática en melón sin acolchado plástico.

Resistencia Transpiración

Posiblemente, el hecho de que haya mayor transpiración estomática este relacionado, además, con las menores temperaturas aparentes del follaje y de la superficie del suelo.

Temperatura de la Hoja:

La figura 4.4 muestra los valores obtenidos de temperaturas de las hojas (T_h) en la sección con acolchado. Se puede observar valores altos de temperatura con fluctuaciones bajas. Debido a esto se observa que la temperatura tiene una tendencia ascendente, la que disminuye cuando el cultivo alcanza su desarrollo.

La figura 4.5 muestra los resultados obtenidos en la sección no acolchada, en ellos se pueden observar valores bajos de temperatura al inicio y al final del ciclo del cultivo. Los valores mayores de temperatura se observan a mediados del ciclo del cultivo.

La temperatura fue ligeramente superior, en la sección con acolchado donde se observa un valor promedio obtenido de todas las mediciones de 37°C, contra un valor promedio de 36°C en la sección sin acolchado.

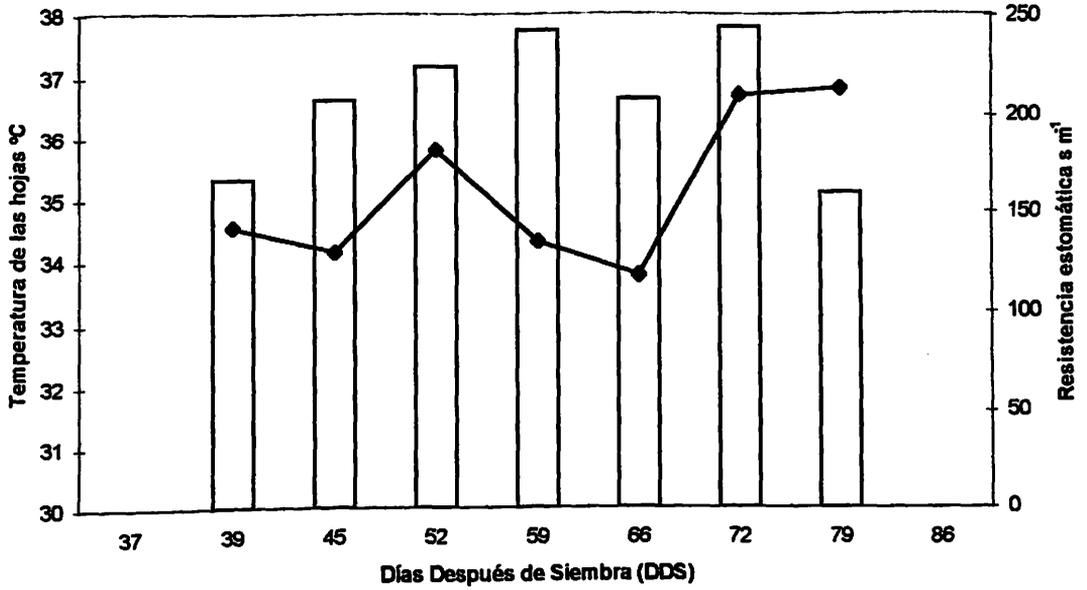


Figura 4.4 Relación de la temperatura de las hojas y la resistencia estomática en melón con acolchado plástico.

□ T-Hoja Acol ◆ Resist. Acol

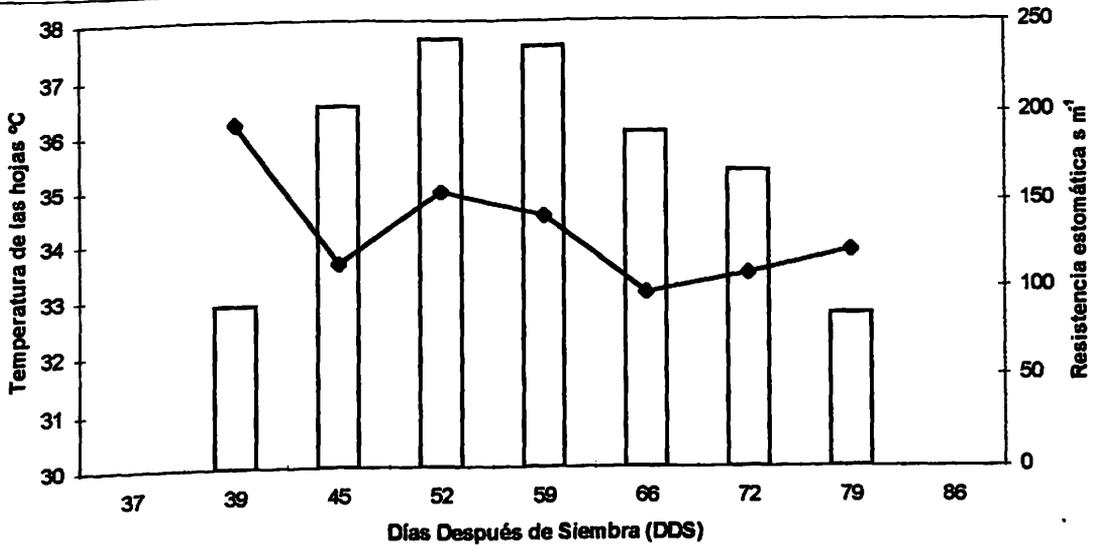


Figura 4.5 Relación de la temperatura de las hojas y la resistencia estomática en melón sin acolchado plástico.

□ T-Hoja No Ac ◆ Resist. No A

Al relacionar la temperatura de las hojas con la resistencia estomática se nota en las figuras 4.4 y 4.5 que la resistencia estomática es mucho mayor en la sección con acolchado, donde las temperatura son mayores; sucede lo contrario en la sección no acolchada donde la resistencia es menor y de igual manera la temperatura es menor. Como se refirió anteriormente tanto la resistencia estomática como la temperatura de las hojas en este caso se ve influenciada por la presencia del acolchado de plástico negro.

Humedad Relativa de la Interface Hoja - Aire:

El cuadro 4.1 muestra el comportamiento de la humedad relativa (Hr), medida en la cámara del porómetro y que son resultados de la humedad relativa de la interface hoja - aire, en las distintas fases en que se hicieron las mediciones en la sección con acolchado y la sección sin acolchado.

Cuadro 4.1. Comportamiento de la humedad relativa en la interface hoja - aire en el cultivo de melón con acolchado y no acolchado plástico.

Días Después de Siembra	Humedad Relativa (%)	
	Acolchado	No Acolchado
39	20.0	20
45	23.6	21.9
52	20.8	19.6
59	30.6	27.3
66	34.6	31.1
72	26.6	27.3
79	29.8	28.9

Se puede notar que existe una tendencia de dicha humedad relativa a incrementar con el desarrollo de las plantas de melón, en las dos secciones, hasta el día 66 a partir del cual disminuye la humedad relativa.

También se observa que la humedad relativa es mayor en la sección con acolchado en la mayoría de los días, lo cual sugiere una mayor transpiración foliar en las plantas de la sección con acolchado, debido posiblemente a un mayor desarrollo del cultivo y mayor densidad de plantas.

Radiación Fotosintética Activa (PAR):

El cuadro 4.2 muestra las mediciones de radiación fotosintética activa (PAR), determinadas en el espectro electromagnético entre 0.4 y 0.7 μm de la longitud de onda y que fueron llevadas a cabo por los sensores quantum de los porómetros.

Cuadro 4.2. Comportamiento de la radiación fotosintética activa (PAR) en el cultivo de melón con acolchado y no acolchado plástico.

Días Después de Siembra	Radiación Fotosintética Activa (PAR)	
	Acolchado	No Acolchado
39	982.75	795
45	1897.5	1882.81
52	1613.87	1762.5
59	1944.37	1993.12
66	1956.87	1900.62
72	1620.25	1842.37
79	1931.53	1983.44

La tendencia de los valores obtenidos de radiación fotosintética activa, indican que los valores fueron aproximadamente iguales durante los periodos que se realizaron las mediciones. Esto sugiere condiciones atmosféricas (nubosidad) estables durante el periodo de medición, 13:00 - 14:00 hrs.

Temperatura del Follaje:

El cuadro 4.3 nos muestra los datos obtenidos en las mediciones de temperatura aparente del follaje (T_f), medidas con un termómetro infrarrojo en las secciones con acolchado y no acolchado.

Cuadro 4.3 Comportamiento de la temperatura aparente del follaje en el cultivo de melón con acolchado y no acolchado plástico.

Días Después de Siembra	Temperatura del Follaje °C	
	Acolchado	No Acolchado
39	31.25	31.05
45	31.30	30.66
52	33.05	31.84
59	33.71	30.88
66	32.70	32.65
72	32.70	32.65
79	35.41	31.51

Se puede notar que en la sección acolchada, dichos resultados presentan ligeras oscilaciones aunque por lo general sus valores están por encima de los 31 °C - 35 °C, sin embargo hay una tendencia a ser ligeramente mayores a los valores de temperaturas del follaje en la sección no acolchada.

Las temperaturas en la sección no acolchada, aunque también presentan pequeñas oscilaciones son más uniformes, en un rango de 30°C - 32°C.

Note, además que siempre se observan valores superiores en las temperaturas de la sección con acolchado, lo cual se debe, con certeza, a la influencia del plástico negro que refleja parte de la radiación solar incidente lo que produce un aumento en la temperatura del follaje.

Componentes del Balance de Energía y la Relación con la Resistencia Estomática.

Los resultados que se muestran de los componentes del balance de energía (BE), son las de las mediciones promedios realizadas durante el periodo de tiempo en el que se realizaron las mediciones porométricas, entre las 13:00 -14:00 horas. Los componentes del balance de energía se midieron con las estaciones eddy, cada 20 minutos.

En el cuadro 4.4 se observan los valores de los resultados obtenidos en el presente experimento y que se refieren a los componentes del balance de energía, radiación neta (R_n), flujo de calor Sensible (H), flujo de calor latente (LE) y flujo de calor en el suelo (G). Como se mencionó anteriormente, los datos son el resultado de lecturas promediadas cada veinte minutos, a partir de lecturas realizadas a una frecuencia de cinco HTZ. En este caso se tomaron

en cuenta solamente aquellas lecturas del periodo que coincidió con la medición de la resistencia estomática, 13:00 a las 14:00 horas aproximadamente. Se puede observar que en la tendencia de los componentes del balance de energía hay ligeras fluctuaciones en cada sección.

Cuadro 4.4 Comparación de los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en melón con acolchado y sin acolchado plástico.

Tratamiento	Variable	Días Después de la Siembra (DDS)						
		39	45	52	59	66	72	79
Acolchado								
	rs	142	130	182	135	118	210	214
	R _n		560	591	645	554	643	676
	LE		163	163	243	279	264	298
	H		132	130	152	140	146	152
	G		-184	-172	-123	-131	-133	-126
No Acolchado	rs	193	113	154	141	96	107	121
	R _n		460	462	499	433	513	
	LE		170	200	220	202	238	
	H		95	99	101	102	162	
	G		-170	-163	-116	-129	-113	

donde:

rs = resistencia estomática ($s\ m^{-1}$)

R_n = Radiación neta ($W\ m^{-2}$)

LE = Flujo de Calor Latente ($W\ m^{-2}$)

H = Flujo de Calor Sensible ($W\ m^{-2}$)

G = Flujo de Calor en el Suelo ($W\ m^{-2}$).

Radiación neta: En los valores de radiación neta (R_n) se puede observar un comportamiento ascendente en el acolchado con plástico negro durante el desarrollo del cultivo; de igual forma fue el comportamiento en la sección sin acolchado, exceptuado el día 66 cuando se una ligera fluctuación en las dos secciones, posiblemente debida a alguna nubosidad. Puede notarse, que los valores de radiación neta en la sección con acolchado fueron mayores a los de la sección sin acolchado.

Los valores mayores de radiación neta en la sección con acolchado se pueden deber a un menor índice de reflectividad a la radiación solar del polietileno negro.

En la sección con acolchado se observan valores altos de radiación neta con 676 W m^{-2} a los 79 días después de la siembra, que corresponden con valores altos de resistencia estomática de 214 s m^{-1} en el mismo periodo; mientras que a valores bajos de radiación neta de 591 W m^{-2} a los 52 días después de la siembra corresponden valores menores de resistencia estomática, 182 s m^{-1} . Note que en la sección sin acolchado sucede lo contrario que en la sección con acolchado, aquí se puede observar que a valores relativamente bajos de radiación neta 462 W m^{-2} en el día 52 le corresponde el valor más alto de resistencia estomática, 154 s m^{-1} . Sin embargo al valor más alto de radiación neta con 513 W m^{-2} a los 72 días

después de la siembra le corresponde un valor bajo de resistencia estomática de 107 s m^{-1} , que es un valor bajo, en comparación al del día 79.

Flujo de Calor Latente: Los valores de flujo de calor latente (LE) muestran una clara tendencia creciente en la sección con acolchado plástico, se observa también que los valores de flujo de calor latente son ligeramente mayores que en la sección sin acolchado. Además se observó que el cultivo en ésta sección tuvo mayor densidad de plantas por hectárea y desarrolló con mayor precocidad en la sección con acolchado, induciendo una mayor evapotranspiración.

En la sección sin acolchado el flujo de calor latente también presentó una tendencia ascendente, aunque ligeramente inferior a los valores de la sección con acolchado. Sin embargo el comportamiento del flujo de calor latente en la sección sin acolchado, posiblemente es el resultado de la actividad evaporativa del suelo húmedo debido a que el desarrollo de las plantas fue menos rápido, menor densidad de plantas, lo que posiblemente contribuyó a disminuir los resultados de flujo de calor latente.

Los valores de flujo de calor latente (LE) y resistencia estomática (r_s), en la sección con acolchado muestran la misma tendencia que la radiación neta. En la sección sin acolchado se observa una relación que difiere de la anterior, pues al inicio hay valores altos de resistencia estomática lo que

posiblemente es debido a la poca actividad de transpiración de las plantas, las cuales estaban muy pequeñas y tenían partículas de tierra sobre las hojas, por efecto del suelo descubierto, que obstaculizaban los estomas; posteriormente la resistencia estomática baja debido probablemente al desarrollo del cultivo y a la menor temperatura foliar. Sin embargo los valores de flujo de calor latente fueron un poco bajos al inicio y después mantuvo una tendencia estable, posiblemente por el aumento de la transpiración ya que las plantas habían alcanzado un desarrollo total.

Flujo de Calor Sensible: Los valores del flujo de calor sensible (H), tuvieron un comportamiento algo variables, pero con tendencia ascendente, durante el desarrollo del cultivo, en la sección con y sin acolchado. Se puede observar que el flujo de calor sensible, presentó una tendencia donde los resultados obtenidos en la sección con acolchado fueron mayores que los valores de la sección sin acolchado, como se puede observar en el cuadro 4.4. Esto se debe a una mayor temperatura superficial en la sección con acolchado.

Se puede observar que en la sección con acolchado, los valores más altos de resistencia estomática se observaron a los 72 y 79 días después de la siembra (210 y 214 sm^{-1}), estos valores corresponden con valores relativamente altos de flujo de calor sensible (146 y 152 Wm^{-2}). Esto indica un calentamiento del follaje debido a un decremento en la tasa de transpiración del cultivo, con el correspondiente incremento en el flujo de calor sensible.

Sin embargo en la sección sin acolchado se observa que al día 52 después de siembra se tiene un valor alto de resistencia estomática (154 s m^{-1}), con un valor relativamente bajo de flujo de calor sensible (99 Wm^{-2}). Esto sugiere que a pesar de que se presentan temperaturas relativamente altas del follaje debido a una relativa reducción en la tasa de transpiración del cultivo, la superficie del suelo estaba relativamente fría debido a la humedad en la superficie (camas sin acolchado), lo cual resulta en valores bajos de flujo de calor sensible.

Flujo de Calor en el Suelo: Los valores obtenidos de flujo de calor en el suelo (G), muestran un comportamiento ligeramente variable durante el desarrollo del cultivo, en la sección acolchada y, con una mayor variabilidad en la no acolchada. El flujo de calor en el suelo depende de las propiedades térmicas de los suelos como la capacidad calorífica, la conductividad térmica y la difusividad térmica. Los valores del flujo de calor en el suelo fueron mayores (valores absolutos) en la sección con acolchado. Esto se debe a una mayor temperatura en la superficie por efecto del acolchado plástico.

Resultados Agronómicos

El cuadro 4.5 muestra los días que comprendió el desarrollo agronómico en cada una de las fases fenológicas del cultivo de melón bajo condiciones de acolchado y no acolchado.

Los resultados obtenidos permiten observar una tendencia de la germinación, emergencia, crecimiento, desarrollo, floración y maduración más precoz del cultivo de melón en la sección con acolchado de plástico negro, en comparación con la obtenida en la sección sin acolchado, donde los periodos de las fases fenológicas fueron más tardías. Como puede observar en este trabajo estos son otros resultados obtenidos con el uso del acolchado, el cual, además contribuye a disminuir la presencia de malezas y otros beneficios.

Cuadro 4.5. Comportamiento de las fases fenológicas del cultivo de melón con acolchado y sin acolchado.

Fases Fenológicas	Días Después de Siembra (DDS)	
	Acolchado	No Acolchado
Siembra	-	-
Emergencia	6	12
Primer Hoja	12	20
Inicio de Guía	20	30
Inicio Floración	30	45
Inicio/llenado/ Frutos	51	65
Llenado de Frutos	58	72
Inicio de Maduración	72	93
Días a primer corte	80	110
Cosecha Total	101	-
Total	101	-

El efecto invernadero, ejercido por el acolchado, al incrementar las temperaturas en los primeros estratos del suelo, influyó desde la geminación, emergencia y durante todo el desarrollo vegetativo y fisiológico del cultivo,

dando como resultado que la sección con acolchado adelantará su crecimiento, desarrollo y maduración, en comparación con la sección sin acolchado.

El crecimiento de las plantas fue más rápido en la sección con acolchado de tal forma que la aparición de la primer hoja verdadera se dio a los seis días después de la siembra, mientras que en la sección sin acolchado a los 12 días después de la siembra. Por otra parte, también se contabilizó el tiempo en que se dio la aparición de las guías principales y las guías laterales en los dos sistemas, fueron de tres a cuatro guías por planta, incluyendo la principal. Estas mediciones del crecimiento longitudinal de las guías principales se realizaron cada quince días, las cuales se comenzaron a realizar después de la emergencia.

El cuadro 4.6 muestra el crecimiento longitudinal de las guías principales, a través del ciclo vegetativo del cultivo, en las secciones con y sin acolchado.

Cuadro 4.6. Crecimiento longitudinal de guías principales en el cultivo de melón con y sin acolchado plástico.

DDS	Acolchado	No Acolchado
9	0	0
24	19.25	2.25
39	69	12.5
52	127.75	79.5
66	182.25	163.5
79	184.5	184.5

Note que la diferencia máxima en longitud de guías se observa a los 39 días después de siembra, con 69 cm para el acolchado y 12.5 cm para el no acolchado. Sin embargo a los 79 días después de siembra la longitud de guías es igual para los dos tratamientos.

Producción de Frutos:

La producción de frutos en la sección con acolchado fue mejor que en la sin acolchado, lo que se reflejó en la mayor producción y la calidad de los mismos, con tres a cuatro frutos para exportación y cinco a seis destinados al mercado local; en la sección sin acolchado los frutos fueron de cinco a seis por plantas y relativamente pequeños, los que se destinaron al mercado local en su totalidad. El peso promedio de frutos en la sección acolchado fue de dos y medio kg. y en la sección sin acolchado fueron de un kg. La maduración de frutos en el acolchado fue a los 72 días y el no acolchado a los 93 días, esto nos muestra que cultivando bajo un sistema con acolchado obtenemos una ventaja muy importante en cuanto a la comercialización, ya que se entra primero al mercado. El número total de días fue de 101 para el acolchado y para el no acolchado no se pudo contabilizar el número de días, pues no se había completado el ciclo del cultivo al momento de finalizar las tomas de datos, pero de acuerdo a experiencias de la zona, estos suman un total de 121 días.

En el cuadro 4.7 se presentan los resultados obtenidos en cuando a rendimiento en toneladas por hectárea, según lo clasificado por el productor.

Cuadro 4.7. Rendimiento total ton/ha de frutos de melón comercial, por los tratamientos acolchado y no acolchado.

Tratamientos	Exportación	Nacional	Rezaga	Total
Acolchado	45.9	14.85	7.11	67.86
No Acolchado	17.25	11.81	8.92	37.98

Los rendimientos totales por tratamiento acolchado y no acolchado, coinciden con los obtenidos por García (1994), Rodríguez (1997), Martínez (1997) en los que se observa una marcada superioridad para el acolchado. Es necesario especificar que el tratamiento sin acolchado, fue afectado por una alta infestación de malezas propias de la región, baja densidad de plantas por hectárea ocasionada por problemas de germinación, lo que provocó que los rendimientos totales fueron mucho menores.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo son:

- 1.- La resistencia estomática (r_s), es mayor en las plantas de melón de la sección con acolchado plástico, lo cual correspondió con una mayor temperatura foliar. A medida que el cultivo cumplía su ciclo vegetativo, la resistencia aumentó, en las dos secciones.
- 2.- Se observó que la radiación neta (R_n), como uno de los principales componentes del balance de energía, afecta la resistencia estomática (r_s) ya que esta fue mayor en la sección con acolchado plástico.
- 3.- Se observó que a valores altos de flujo de calor latente (LE) corresponden a valores bajos de resistencia estomática (r_s), en la sección con y sin acolchado.
- 4.- Los valores de flujo de calor sensible (H) son bajos al inicio del ciclo en las dos secciones y tienden a aumentar a medida que el cultivo se desarrolla, esto debido al desarrollo foliar del cultivo y al incremento de LE. La resistencia estomática (r_s), fue alta al inicio y después disminuyó.

5.- La evapotranspiración fue ligeramente mayor en la sección acolchada. Los valores fueron bajos al inicio en las dos secciones, incrementándose después a medida que el cultivo se fue desarrollando, en la sección con acolchado. Mientras que en la no acolchada incrementó con algunas fluctuaciones.

6.- La mayor producción de frutos se obtuvo en la sección con acolchado plástico.

RESUMEN

Debido a la gran demanda de mano de obra para su manejo, cosecha, comercialización y por ser importante fuente de ingresos, el melón es una de las hortalizas más importantes de México. El uso de los acolchados plásticos para la producción de melón se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Debido a que en varios estudios realizados con acolchados plásticos se han obtenido buenos resultados principalmente en la reducción de la incidencia de malezas, mayores rendimientos del cultivo, frutos de buena calidad, menor incidencia en la presencia de plagas y enfermedades así como una mayor eficiencia en el uso del agua, también se incrementa la temperatura del perfil superior del suelo al producirse un efecto invernadero del acolchado plástico sobre la superficie del suelo. Sin embargo, estas cubiertas pueden tener también un efecto importante en el balance de energía y en el comportamiento de los estomas del cultivo. El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre los cambios en los componentes del balance de energía y el comportamiento de los estomas por efecto del acolchado plástico.

El trabajo de campo se realizó en la región de Paila, municipio de Parras a 140 km al Oeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila. La siembra se realizó el 7 de Abril de 1998 utilizando el híbrido Cruiser F1 con una población de 27200

plantas/ha. El área experimental se estableció en una tabla de 10 has de cultivo con acolchado y riego por cinta. De esta superficie, una ha (100 m x 100 m) no se acolchó. Para medir los componentes del balance de energía se instaló una estación eddy en la sección con acolchado y una en la sección sin acolchado. Estas estaciones registraron promedios continuos de 20 minutos de radiación neta, flujo de calor sensible, flujo de calor latente, flujo de calor en el suelo, velocidad y dirección del viento. La resistencia estomática se midió con dos porómetros de difusión a intervalos de ocho días en dos hojas/planta, en cuatro plantas de cada sección (con y sin acolchado). La temperatura aparente de la superficie del suelo acolchado, sin acolchar y regaderas fue medida con un termómetro infrarrojo, con el cual también se midió la temperatura del dosel. Todas estas mediciones siempre se realizaron aproximadamente de las 13.00 - 14:00 hrs.

Los valores de resistencia estomática (r_s) obtenidos con las mediciones porométricas fueron mayores en la sección con acolchado, la resistencia estomática se incrementó cuando el cultivo llegaba al final de su ciclo. Los valores obtenidos de transpiración (T_r), al momento de las mediciones fueron menores en la sección acolchada; la temperatura de la hoja (T_h) y humedad relativa de la inter-fase (H_r), fueron mayores en la sección con acolchado sobre todo a medida que el cultivo fue desarrollando y demandó mayor cantidad de agua y absorbió más energía. La temperatura del dosel fue mucho mayor en la

superficie con acolchado plástico, posiblemente debido a la influencia que tuvieron las mayores temperaturas de la superficie acolchada.

Los componentes del balance de energía como la radiación neta (R_n) y el flujo de calor sensible (H) fueron mayores en la sección con acolchado, lo cual es debido a la radiación solar incidente sobre el acolchado. El flujo de calor en el suelo (G) presentó valores absolutos más altos en la sección con acolchado. El flujo de calor latente (LE) fue ligeramente superior en la sección con acolchado, posiblemente por la mayor densidad de población y el mayor desarrollo foliar del cultivo.

Debido al patrón de los valores de resistencia estomática, temperaturas foliares y de la superficie del suelo así como de los componentes del balance de energía como la radiación neta, flujo de calor latente y flujo de calor sensible los cuales fueron mayores en la sección con acolchado se puede observar que hay una relación en el comportamiento de los mismos.

El crecimiento, desarrollo y producción de frutos de las plantas fue más precoz en el cultivo como una repuesta del acolchado plástico a causa del aceleramiento fisiológico producido por las altas temperaturas.

LITERATURA CITADA

- Abtew, W., and J. Obeysekera. 1995. Energy requirement in day for evaporation del dew form leaf surface. American Water Resources Association. 31 (2): 217- 225. Virginia, USA.
- Al Faraj, A., G.E. Meyer and J.B. Fitzgerald. 1994. Simulated water use and canopy resistance of New Guinea impatiens (*Impatiens X hb.*) in single pots using infrared heating. Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, NE 68583, USA. Transactions of the ASAE. 37 (6): 44. USA.
- Alkire, B.H. and J.E. Simon. 1992. Use of infrared thermometry to monitor water status in peppermint (*Mentha X piperita L.*). Department of Horticulture, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907, USA. XXIII International horticultural congress, Florence, Italy, 27 Aug.-1 Sep., 1990. Acta-Horticulturae. 306: 385-396. USA.
- Arya, S.P. 1988. Introduction to Micrometeorology. Academic Press, INC. San Diego, California. Pag. 9-19.
- Ayllón, T. 1996. Elementos de Meteorología y Climatología. 1º Edición. Editorial Trillas, Pag. 167-187. D.F., México.
- Baker, J.T. and L.H. Allen, Jr. 1994. Assessment of the impact of rising carbon dioxide and other potential climate changes on vegetation. Agronomy Department, University of Florida, Gainesville. Environmental Pollution, 83: 1-2, 223-235. Florida, USA.
- Beerling, D.J. and W.G. Chaloner. 1993. Stomatal density responses of Egyptian *Olea europaea L.* leaves to CO₂ change since 1327 BC. Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield. Annals of Botany, 71 (5): 431-435. Sheffield, UK.
- Bhella, H.S. 1988. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 543-546.
- Bidwell R., G.S. 1993. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S.A. Progreso 202, Planta Alta. México, D.F. Pag. 350 - 361.

- Boyer, J.J. 1994. Effects Osmotic Water Stress on Metabolic Rates Cotton Plants with Open Stomata. *Plant Physiology*, 229-234. Duke University Durham, North Carolina. USA.
- Bustamante O., J. de D.; V. A. González H.; M. Livera M. y E. Zavaleta M. 1999. Cambios Fisiológicos y Microclimáticos Inducidos en Jitomate por una Cubierta Flotante. *Agrociencia* 33(1), 31-39. Colegio de Postgraduados, México.
- Caldwell, M.M., A.H. Teramura, M. Tevini, J.F. Bornman, L.O. Bjorn and G. Kulandaivelu. 1995. Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial plants. Ecology Center, Utah State University; Logan, Utah 84322-5230. *Ambio*, 24 (3): 166-173. USA.
- Cselotei, L. and L. Helyes. 1988. The possibility of determining irrigation requirements by means of plant temperature. *Univ. Agric. Sci., Dep. Horticulture*, 2103 Godollo. *Acta-Horticulturae*. 220: 353-358. Hungary.
- Dantas, R.T. and T.V. Ramana Rao. 1994. Monitoring water stress in maize with an infrared thermometer. Dep. de Ciencias Atmosfericas do CCT-UFPA, CEP 58100-970 Campina Grande, PB. *Pesquisa-Agropecuaria-Brasileira*. 29 (11): 1743-1749. Brazil.
- Dinkel, D.H. 1966. Polyethylene Mulches for Sweet Corn in Northern Latitudes. *Proce. Americ. Soc. Hort. Sci.* 69: 497-508. University of Illinois, Urbana, Champaign. USA.
- Dubois, P. 1978. *Plastic in Agriculture*. Applied Sciences Publ. Ltd. London. Pag. 265. UK.
- Esau, K. 1976. *Anatomía Vegetal*. Ediciones Omega, S.A. , Casanova, 220-Barcelona, España. Pag. 179 - 188.
- Etherington, J.R. 1988. *Environment and Plant Ecology*, British Library Cataloguing in Publication Data, 2nd ed. Biddles, Guildford and King's Lynn, Great Britain. Pag. 9-41.
- Fahn, A. 1978. *Anatomía Vegetal*. H. Blume, Ediciones. Rosario, 17- Madrid-5. España. Pag. 191-203.
- Fernández-Bayón, A. 1993. Physiological Effects of Ozone on Cultivars of Water melon (*Citrullus lanatus*) and muskmelon (*Cucumis melo*) Widely Grown in Spain. *Environmental Pollution*, 81 (3): 199-206. University of Newcastle, United Kingdom.

- Fuentes, J.L. 1996. Técnicas de Riego. Ediciones Mundi-Prensa. 2º Edición. D.F., México. Pag. 45-69.
- García, I. y G. Briones. 1997. Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo. Editorial Trillas, 1º Edición. D.F. México. Pag. 26-32.
- García V, M.A. 1994. Desarrollo y Rendimiento del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Híbrido "Laguna" con Diferentes Tratamientos Acolchados Fotodegradables, Trabajo de Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. Pags. 103.
- González, A.J. 1997. Comportamiento Fisiológico del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) a Diferentes Períodos de Saturación del Suelo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Pag. 78.
- Gregory, P.J., L.P. Simmonds, G.P. Warren, D.J. Greenland and P.H. Nye. 1997. Interactions between plant nutrients, water and carbon dioxide as factors limiting crop yields. Department of Soil Science, University of Reading. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences, 352: 1356, 987-996; United Kingdom.
- Hadley, P., G.R. Batts, R.H. Ellis, J.I.L. Morison, S. Pearson and T.R. Wheeler. 1995. Temperature gradient chambers for research on global environment change. II. A twin-wall tunnel system for low-stature, field-grown crops using a split heat pump. Department of Horticulture, Plant Science Laboratories, University of Reading. Plant, Cell and Environment, 18 (9): 1055-1063; Reading, UK.
- Ham, M., J. Kluitenberg and W.J. Lamont. 1991. Potential impact of plastic mulches on the above ground plant environment. Proc. Nat. Agr. Plastics Cong. 21: 63-69. Kansas State University Manhattan.
- Hanlon, G.A. and G.J. Hochmuth. 1989. Fertilizer Recommendations for Vegetables Grown on Polyethylene mulch. Proc. Natural Agr. Plastics cong. 21: 165-171. Kansas State University, Manhattan. USA.
- Hernández, J.A. 1998. Fertirrigación en el Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.). Monografía de Ing. Agr. UAAAN. Pag. 90-97. Saltillo, Coahuila, México.
- Ibarra, J.L. y P.A. Rodríguez. 1997. Acolchado de los Suelos con Películas Plásticas. Serie Manuales Agropecuarios, Limusa, México, D.F.

- Iritz, Z. And A. Lindroth. 1994. Night time Evaporation from a short - rotation willow stand. *J. Hidrology*. Elsevier Scientific Publisher, B.V. 157 (1/4): 235-245. Amsterdam, Hetherlands
- Jones, H.G., 1992. *Plants and Microclimate*. Second Edition. Printed in Great Britain at the University Press; Cambrige, Australia. Pag. 106-111.
- Kim, J.; S.B. Verma and N.J. Rosenberg, 1988. Energy Balance and Water Use of Cereal Crops. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 48: 135-147. Printed in Amsterdam, The Netherlands.
- Kustas, W.P.; J.H. Blanford; D.I. Stannard; C.S.T. Daughtry; W.D. Nichols and M.A. Weltz, 1994. Local energy flux estimates for unstable condicions using variance data in semiarid rangelands. *Water resourres*, Washington: American Geophysical Union. Vol. 30 (5): 1351-1361. Edit. S. Sorooshian and R. Gurney, District of Columbia, USA.
- Lakitan, B., D.W. Wolfe and R.W. Zobel, 1992. Flooding Affects Snap Bean-Yield and Genotypic Variation in Leaf Gas Exchange and Root Growth Response. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(5): 711-716. United Stated of America.
- Lamont, W.J. 1993. *Plastics Mulches for Production of Vegetables Crops*. HortTechnology. 3 (1): 35-38. Kansas State University, Manhattan. USA.
- Ludlow, M.M. 1982. *Microclima y Relaciones Planta - Agua*. Desierto y Ciencia, Bioproductividad y Fotosíntesis. Edic. Especial. Centro de Investigación de Química Aplicada, Saltillo, Coah., México. Pag. 33-35.
- Maiero, M.S. 1987. Genotype and Mulch Effects on Earliness Fruits Characteristics and Yield in Muskmelon. *HortScience*. 22(5): 945-946. University of Maryland, College Park. M.D. USA.
- Martínez, R. 1997. Efecto del Acolchado en la Temperatura Superficial del Suelo y su Relación con el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.). Tesis de Maestría, UAAAN, Buena Vista, Saltillo, México, Pags. 83.
- Moran, M.S.; W.P. Kustas; A. Vidal; D.I. Stannard; J.H. Blanford and W.D. Nichols, 1994. Use of ground - based remotly sensed data for surface ennergy balance evaluation of a semiarid rangeland. *Water resourres*, Washington: American Geophysical Union. Vol. 30 (5): 1339-1349. Edit. S. Sorooshian and R. Gurney, District of Columbia, USA.

- Muhamad, Awang. 1990. Preliminary Study of the Effect of Ultraviolet Radiation and Low High Intensity on Muskmelon (*Cucumis melo*). *Malysian Applied Biology*, 19 (1): 37-45. Pertanian Malaysian University, Selangor, Malaysia.
- Musgrave, M. E. 1994. Waterlogging Effects on Yield and Photosynthesis in Eighth Winter Wheat Cultivars. *Crop Sci.* 34: 1314 - 1318. United Stated of America.
- Nederhoff, E.M, 1994. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. The Glasshouse Crops Research Station. Netherlands. Pag. 93-101.
- Nobel, Park S. 1991. Physicochemical and Enviromental Plant Physiology. Department of Biology, University of California, Los Angeles. Academic Press, INC. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, Los Angeles, Caligornia, USA. Pags. 373-411, 478-479.
- Rodríguez, P. C., 1997. Repuesta en el Desarrollo y Rendimiento de los Cultivos de Melón (*Cucumis melo* L.) y Pepino (*Cucumis sativus* L.) Bajo el Sistema de Riego por Goteo con Acolchado Plástico y Cubiertas Flotantes, Trabajo de Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. Pags. 80.
- Sánchez-Blanco, M.J., J.J. Alarcón, J. Planes and A. Torrecillas. 1994. Differential Flood Stress Resistance at Two Almond Cultivars Based on SurvivalGrowth and Water Relations as Stress Indications. *J. Hort. Sci.* 69(5): 947-953.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W., 1991. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana, México, D.F. Pag. 80-83.
- Santa Olalla, F.M. de y J.A. de Juan V. 1993. Agronomía del Riego. Editorial Mundi-Prensa, Departamento de Producción Vegetal y Tec. Agraria, Universidad de Castilla-La Mancha, España. Pag. 267-268.
- Singh, B.P.; K.A. Tucker; J.D. Sutton and H.L. Bhardwaj, 1991. Flooding Reduces Gas Exchange and Growth in Snap Bean. *Hort. Sci.* 26 (4): 372-373. United Stated of America.
- Sinha, S.K. and Wilson, R.F., 1993. Response of tropical agroecosystems to climate change. Indian Agricultural Research Institute. International Crop Science Congress, Ames, Iowa, Pag. 14-22 July 1992. 1993, 281-289. New Delhi, India.

- Stannard, D.I.; J.H. Blanford; W.P. Kustas; W.D. Nichols; S.A. Amer; T.J. Schmugge and M.A. Wertz, 1994. Interpretation of surface flux measurements in heterogeneous terrain during the Monsoon' 90 experiment. *Water resources*, Washington: American Geophysical Union. Vol. 30 (5): 1227-1239. Edit. S. Sorooshian and R. Gurney, District of Columbia, USA.
- Torres, E. 1995. *Agrometeorología*. Editorial Trillas, 1º Edición. Pag. 60-66. D.F., México.
- Valadez, L.A. 1994. *Producción de Hortalizas*. Ed. Limusa, México. Pag. 245-269.
- Vargas, J.J. y Muñoz, A. 1991. Frecuencia Estomatal y Tamaño del Tejido Vascular en Hojas Primarias de Cuatro Especies de Pinus. *Sistemas de Producción Forestal en Bosques Templados*. Pag. 173-181. México, D.F.
- Ventura, F., Pisa, P.R. and Fiorenza, C. 1996. Physiological measurements to evaluate peach water status. *Dottoranda di Agrometeorologia presso l'Universita di Sassari*. *Irrigazione e Drenaggio*. 43 (1): 11-18. Italy.
- Wien, H.C. and P.L Minnoti, 1988. Increasing Yield of Tomatoes with Plastics Mulch and Apex Removal. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 342-347. Kansas State University, Manhattan. USA.
- Woodward, F.I. and C.K. Kelly, 1995. The influence of CO₂ concentration on stomatal density. Department of Animal & Plant Sciences, University of Sheffield. *New-Phytologist*. 131(3): 311-327. Sheffield, UK.
- Wurr, D. C. E., J.R. Fellows and K. Phelps, 1996. Investigating trends in vegetable crop response to increasing temperature associated with climate change. *Horticulture Research International*, Wellesbourne. *Scientia Horticulturae*. 66: 3-4, 255-263. Wellesbourne, UK.
- Zapata, M., P. Cabrera, S. Bañon y P. Roth. 1989. *EL MELÓN*. Segunda Edición, Ediciones Mundi - Prensa, Madrid, España. Pag. 10-129.
- Zermeño, A. 1994. The Effect of Advection of Heat and Saturation Deficit on The Energy Balance of a Vegetated Surface. Tesis de Doctorado. Utah State University; Logan, Utah, USA. Pag. 1-10. USA.